



# **UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES**

**DE COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**TEMA:**

**“DISEÑO DE LA RED HÍBRIDA COAXIAL-FIBRA ÓPTICA (HFC)  
PARA BRINDAR SERVICIO DE IP-TV EN LA EMPRESA MULTICABLE  
DE LA CIUDAD DE OTAVALO”**

**AUTOR: SEGUNDO LEONARDO FICHAMBA ARELLANO**

**DIRECTOR: ING. OMAR OÑA**

**IBARRA - ECUADOR**

**2015**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

## AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### 1 IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100296328-6		
APELLIDOS Y NOMBRES:	FICHAMBA ARELLANO SEGUNDO LEONARDO		
DIRECCIÓN:	SAN VICENTE DE COTAMA, LOS MORMONES Y CALLE 3, ESQ.		
EMAIL:	<a href="mailto:fichiseqa@hotmail.es">fichiseqa@hotmail.es</a>		
TELÉFONO FIJO:	063017292	TELÉFONO MÓVIL:	0967049053
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	DISEÑO DE LA RED HÍBRIDA COAXIAL-FIBRA ÓPTICA (HFC) PARA BRINDAR SERVICIO DE IP-TV EN LA EMPRESA MULTICABLE DE LA CIUDAD DE OTAVALO		
AUTOR (ES):	FICHAMBA ARELLANO SEGUNDO LEONARDO		
FECHA:	DICIEMBRE DEL 2015		
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN		
ASESOR:	ING. OMAR OÑA		

## 2 AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, SEGUNDO LEONARDO FICHAMBA ARELLANO, con cédula de identidad Nro. 100296328-6, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior artículo 144.

## 3 CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.



Firma

Nombre: Segundo Leonardo Fichamba Arellano

Cédula: 100296328-6

Ibarra, Diciembre del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, SEGUNDO LEONARDO FICHAMBA ARELLANO, con cédula de identidad Nro. 100296328-6, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado "DISEÑO DE LA RED HÍBRIDA COAXIAL-FIBRA ÓPTICA (HFC) PARA BRINDAR SERVICIO DE IP-TV EN LA EMPRESA MULTICABLE DE LA CIUDAD DE OTAVALO", que ha sido desarrollado para optar el título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos concedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

.....  
Firma

Nombre: Segundo Leonardo Fichamba Arellano

Cédula: 100296328-6

Ibarra, Diciembre del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

## DECLARACIÓN

Yo, Segundo Leonardo Fichamba Arellano, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que éste no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte

.....  
Firma

Nombre: Segundo Leonardo Fichamba Arellano

Cédula: 100296328-6

Ibarra, Diciembre del 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico, que el presente trabajo de grado “DISEÑO DE LA RED HÍBRIDA COAXIAL-FIBRA ÓPTICA (HFC) PARA BRINDAR SERVICIO DE IP-TV EN LA EMPRESA MULTICABLE DE LA CIUDAD DE OTAVALO” fue desarrollado en su totalidad por el egresado de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación Sr. Segundo Leonardo Fichamba Arellano, bajo mi supervisión.

---

Ing. Omar Oña  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a mi madre María, a mi padre (+) Segundo por inculcar la perseverancia en mamá, a mi abuelito (+) Alejandro por su inolvidable alegría y fe, que quiso verme culminar los estudios.

*Segundo Leonardo Fichamba Arellano*



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**AGRADECIMIENTOS**

A María, por inculcarme desde siempre la perseverancia y optimismo ante la adversidad, por brindarme su apoyo cada día, y, simplemente por ser mi mamá.

A mis hermanos, Armando y Byron por ser mis mejores amigos, a mi abuelita por haber trazado el mejor camino a seguir, a mi tío Alejandro por ser el padre que no conocí y a toda mi familia por permitirme formar parte de ellos, a todos mis ayllus por todas esas alegrías.

Al Ing. Jaime Michilena, por asesorarme y apoyarme a no decaer para culminar exitosamente mi trabajo de titulación.

Al Sr. Abel Simbaña, la Sra. Alejandra Quinteros y Doña Marle por todos sus aportes en la empresa MULTICABLE S.A.

Al Eco. Patricio Lema y el Sr. Ernesto Guzmán Espinosa, por confiar en mí para desarrollar la tesis en su empresa.

*Segundo Leonardo Fichamba Arellano*



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	IV
DECLARACIÓN.....	V
CERTIFICACIÓN.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
AGRADECIMIENTOS .....	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	IX
INDICE DE IMÁGENES .....	XV
INDICE DE TABLAS .....	XVIII
RESUMEN.....	XXI
ABSTRACT .....	XXII
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA RED CATV EN LA EMPRESA MULTICABLE S.A .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN DE CATV (TELEVISION POR CABLE) .....	1
1.2 ESTRUCTURA GENERAL DE UN SISTEMA DE TELEVISIÓN POR CABLE .....	4
1.3 DESCRIPCIÓN DEL OPERADOR DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN, MULTICABLE S.A. OTAVALO.....	7
1.3.1 UBICACIÓN DE MULTICABLE S.A.....	8
1.3.2 MISIÓN DE MULTICABLE S.A .....	9
1.3.3 VISIÓN DE MULTICABLE S.A.....	9
1.3.4 ORGANIGRAMA DE MULTICABLE S.A .....	9
1.4 ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DE MULTICABLE S.A.....	9
1.4.1 DIAGNÓSTICO DE LA CABECERA DE RED MULTICABLE S.A.....	10
1.4.1.1 SISTEMAS DE RECEPCIÓN TERRESTRE .....	12
1.4.1.2 SISTEMAS DE RECEPCIÓN SATELITAL.....	14
1.4.1.3 MATRIZ DE CONMUTACIÓN.....	18
1.4.1.4 SISTEMA DE GENERACIÓN DE CANAL LOCAL .....	19

1.4.1.5 SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE SEÑALES DE LA CABECERA DE MULTICABLE S.A .....	19
1.4.2 DIAGNÓSTICO DE LA RED TRONCAL DE MULTICABLE S.A .....	25
1.4.2.1 CABLE COAXIAL .....	26
1.4.2.2 AMPLIFICADORES TRONCALES DE CATV .....	28
1.4.2.3 ACOPLADORES DIRECCIONALES .....	30
1.4.2.4 DIVISORES TRONCALES .....	30
1.4.2.5 GUENTES DE PODER .....	30
1.4.2.6 DESCRIPCIÓN DE LA RED TRONCAL DE MULTICABLE S.A .....	31
1.4.3 RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA MULTICABLE S.A .....	38
1.4.3.1 CABLE COAXIAL DE DISTRIBUCIÓN .....	42
1.4.3.2 AMPLIFICADOR EXTENSOR DE LÍNEA, LINE EXTENDER .....	42
1.4.3.3 DERIVADORES O TAP .....	43
1.4.4 ACOMETIDA DE LOS CLIENTES DE LA EMPRESA MULTICABLE S.A .....	44
1.4.5 DIAGNÓSTICO DEL SERVICIO OFERTADO POR MULTICABLE S.A .....	45
1.5 DETECCIÓN PUNTOS VULNERABLES EN LA RED DE MULTICABLE S.A .....	48
1.5.1 ATENUACIÓN EN LOS ENLACES COAXIALES DE LA RED DE TELEVISIÓN POR CABLE .....	49
1.5.2 RELACIÓN PORTADORA A RUIDO (C/N) .....	50
1.5.3 DISTORSIÓN DE COMPONENTES DE SEGUNDO ORDEN (CSO) .....	52
1.5.4 DISTORSIÓN DE COMPONENTES DE TERCER ORDEN (CTB) .....	54
1.6 SISTEMAS DE CATV EN LA REGIÓN .....	55
1.6.1 LA TELEVISIÓN POR CABLE EN LATINOAMÉRICA .....	56
1.6.2 SITUACIÓN ACTUAL DE CATV EN EL ECUADOR .....	58
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>60</b>
<b>2 ESTUDIO DE MERCADO</b> .....	<b>60</b>
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD DE OTAVALO .....	60
2.2 ESTRUCTURACIÓN DE LA ENCUESTA .....	62
2.3 EJECUCIÓN DE LA ENCUESTA .....	63
2.4 TABULACIÓN DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA .....	66

2.5 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA.....	73
2.5.1 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA A IPTV .....	73
2.5.2 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA A PPV .....	77
2.5.3 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA A VOD .....	78
2.5.4 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA POR SERVICIO DE INTERNET .....	79
2.5.5 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA POR SERVICIO DE TELEFONÍA .....	81
2.6 MERCADO DE LA TELEVISIÓN PAGADA EN OTAVALO .....	83
2.7 PROVEEDORES DE SERVICIO DE INTERNET EN OTAVALO .....	85
2.8 EMPRESAS DE TELEFONÍA FIJA EN OTAVALO.....	86
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>87</b>
3 DISEÑO DEL SISTEMA HÍBRIDO FIBRA ÓPTICA-COAXIAL (HFC) DE LA EMPRESA MULTICABLE OTAVALO .....	87
3.1 RAZONES PARA MIGRACIÓN A REDES HÍBRIDAS DE FIBRA ÓPTICA Y CABLE COAXIAL EN LAS OPERADORAS DE CABLE.....	87
3.1.1 DIGITALIZACIÓN DE LA RED DE CATV .....	88
3.1.2 INTERACTIVIDAD DE LA TELEVISIÓN.....	91
3.1.3 CONVERGENCIA DE SERVICIOS .....	92
3.2 IPTV, TENDENCIA A UN NUEVO SERVICIO DE TELEVISIÓN POR CABLE.....	92
3.2.1 ITV E IPTV.....	93
3.2.2 TELEVISIÓN SOBRE PROTOCOLO INTERNET, IPTV .....	93
3.2.2.1 CENTRO DE DATOS IPTV .....	94
3.2.2.2 RED DE DISTRIBUCIÓN DE BANDA ANCHA (RED HÍBRIDA CABLE COAXIAL Y FIBRA ÓPTICA, HFC).....	96
3.2.3 SERVICIOS IPTV .....	97
3.2.4 MODOS DE DIFUSIÓN IPTV.....	99
3.2.5 COMPRESIÓN MPEG DE AUDIO Y VIDEO PARA IPTV .....	100
3.2.6 MODELO TCP/IP (PROTOCOLO DE CONTROL DE TRANSMISIÓN/PROTOCOLO INTERNET) .....	101
3.2.7 DIRECCIONAMIENTO LÓGICO.....	104
3.2.7.1 DIRECCIONES IPV4.....	104

3.2.7.2 DIRECCIONES IPV6.....	106
3.2.8 REDES IP.....	107
3.3 MODELO DE COMUNICACIÓN IPTV (IPTVCM) .....	108
3.3.1 CAPA DE CODIFICACIÓN DE VÍDEO .....	109
3.3.2 CAPA DE EMPAQUETADO DE VIDEO .....	109
3.3.3 CAPA DE CONSTRUCCIÓN DE FLUJOS DE TRANSPORTE .....	110
3.3.4 CAPA RTP.....	111
3.3.5 CAPA DE TRANSPORTE .....	113
3.3.6 CAPA IP .....	113
3.3.7 CAPA DE ENLACE DE DATOS.....	114
3.3.8 CAPA FÍSICA .....	116
3.4 PROTOCOLOS UTILIZADOS POR IPTV.....	117
3.4.1 PROTOCOLOS DE TRANSPORTE .....	117
3.4.1.1 PROTOCOLO TCP .....	117
3.4.1.2 PROTOCOLO UDP .....	118
3.4.1.3 PROTOCOLOS RTP Y RTCP .....	120
3.4.2 PROTOCOLOS DE RED .....	121
3.4.2.1 IGMPV1 .....	121
3.4.2.2 IGMPV2.....	121
3.4.2.3 IGMPV3.....	121
3.4.3 PROTOCOLO DE FLUJO DE DATOS EN TIEMPO REAL (RTSP) .....	122
3.5 IPTV VÍA DOCSIS (DATA OVER CABLE SERVICE INTERFACE SPECIFICATION) .....	123
3.5.1 NIVEL FÍSICO DOCSIS 3.0 .....	125
3.5.2 NIVEL MAC DOCSIS 3.0 .....	125
3.5.3 PROCESO DE MÓDEMS DOCSIS 3.0 .....	127
3.5.4 NIVEL DE INTERFAZ DE SISTEMA PARA APOYO DE OPERACIONES DOCSIS 3.0.....	128
3.5.5 NIVEL DE MECANISMOS DE SEGURIDAD 3.0 DOCSIS.....	128
3.6 MEDIO DE TRANSMISIÓN EN HFC, FIBRA ÓPTICA .....	130
3.6.1 SISTEMA DE COMUNICACIÓN CON FIBRA ÓPTICA.....	131

3.6.1.1	FUENTES O TRANSMISORES ÓPTICOS.....	131
3.6.1.2	DETECTORES O RECEPTORES ÓPTICOS.....	132
3.6.1.3	FIBRA ÓPTICA .....	133
3.6.1.4	EMPALMES .....	137
3.6.1.5	CONECTORES .....	138
3.6.2	TOPOLOGÍAS DE RED .....	139
3.7	PROPUESTA DE DISEÑO DE RED HFC PARA MULTICABLE S.A.....	142
3.7.1	DIMENSIONAMIENTO DE TRÁFICO (CAPACIDAD TOTAL) .....	142
3.7.1.1	CAPACIDAD PARA EL SERVICIO DE IPTV.....	143
3.7.1.2	CAPACIDAD PARA EL SERVICIO DE PAGUE POR VER.....	146
3.7.1.3	CAPACIDAD PARA EL SERVICIO DE VOD .....	149
3.7.1.4	CAPACIDAD TRÁFICO ASCENDENTE DE SOLICITUDES PARA PPV O VOD .....	151
3.7.1.5	CAPACIDAD PARA TRÁFICO DE DATOS (INTERNET).....	153
3.7.1.6	CAPACIDAD DE TRÁFICO DE TELEFONÍA .....	157
3.7.1.7	DISTRIBUCIÓN SERVICIOS EN EL ESPECTRO DE FRECUENCIA.....	160
3.7.2	ELECCIÓN DE LA TOPOLOGÍA .....	162
3.7.3	ELECCIÓN DE EQUIPOS DE LA PLATA EXTERNA .....	169
3.7.4	ELECCIÓN DE TIPO DE TENDIDO PARA RED DE FIBRA ÓPTICA.....	171
3.7.5	ELECCIÓN DEL CABLE ÓPTICO .....	172
3.7.6	CÁLCULO DEL ENLACE .....	174
<b>CAPÍTULO IV</b> .....		181
4	VIABILIDAD FINANCIERA Y MARCO REGULATORIO.....	181
4.1	CÁLCULO DE EGRESOS.....	181
4.1.1	COSTOS POR ADQUISICIÓN DE EQUIPAMIENTO.....	181
4.1.2	COSTOS POR CONTRATACIÓN DE SERVICIOS.....	186
4.1.3	GASTOS OPERATIVOS .....	187
4.2	CÁLCULO DE INGRESOS .....	189
4.3	FLUJO EFECTIVO NETO.....	191
4.3.1	VALOR ACTUAL NETO (VAN) .....	191

4.3.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	193
4.4 MARCO REGULATORIO.....	193
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	198
CONCLUSIONES.....	198
RECOMENDACIONES .....	201
BIBLIOGRAFÍA.....	203
LINKOGRAFIA .....	206
<b>ANEXOS</b> .....	210
ANEXO 1: FRECUENCIAS DE DIFUSIÓN DE TELEVISIÓN, NTSC .....	210
ANEXO 2: EQUIPOS EMPLEADOS EN LA EMPRESA MULTICABLE S.A .....	211
ANEXO 2.1: INVENTARIO DE EQUIPOS EN MULTICABLE S.A.....	211
ANEXO 2.3: REFERENCIA DE PASIVOS DESPLEGADOS EN LA RED .....	213
ANEXO 3: TABLAS DE ATENUACIONES PASIVOS RED MULTICABLE S.A .....	216
ANEXO 3.1: REFERENCIA DE ATENUACIONES SEGÚN TIPO DE CABLE COAXIAL .....	216
ANEXO 3.2: REFERENCIA DE ATENUACIONES SEGÚN TIPO DE DIVISORES.....	217
ANEXO 4: RESULTADO CÁLCULO NIVELES DE SEÑAL DE LA RED ACTUAL MULTICABLE S.A .....	218
ANEXO 4.1: ATENUACIONES DE LOS TRAMOS TRONCALES .....	218
ANEXO 4.2: NIVELES DE CALIDAD DE SEÑAL DE LOS TRAMOS TRONCALES .....	226
ANEXO 5: MODELO ENCUESTA APLICADA PARA ESTUDIO MERCADO .....	228
ANEXO 6: RECOMENDACIONES ITU PARA REDES ÓPTICAS .....	229
ANEXO 7: PLANOS ARQUITECTÓNICOS .....	231
ANEXO 8: NORMA TÉCNICA PARA DIGITALIZACIÓN DE REDES DE TELEVISIÓN POR CABLE SEGÚN ARCOTEL (VER CD ADJUNTO).....	231
ANEXO 9: FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS PARA SISTEMA IPTV Y RED HFC SEGÚN DISEÑO (VER CD ADJUNTO).....	231

## INDICE DE IMÁGENES

<b>IMAGEN 1:</b> Sistema de Antena comunitaria aplicada a finales de los 40' .....	3
<b>IMAGEN 2:</b> Sistema típico de distribución coaxial de la red CATV .....	6
<b>IMAGEN 3:</b> Croquis de la ubicación del cable operador MULTICABLE S.A.....	8
<b>IMAGEN 4:</b> Organigrama de la empresa Multicable S.A. Otavalo. ....	9
<b>IMAGEN 5:</b> Cabecera de red de MULTICABLE S.A .....	10
<b>IMAGEN 6:</b> Diagrama funcional de una cabecera de red CATV .....	11
<b>IMAGEN 7:</b> Antena de recepción terrestre tipo yagi.....	13
<b>IMAGEN 8:</b> Splitter 1x2.....	14
<b>IMAGEN 9:</b> Receptor satelital .....	18
<b>IMAGEN 10:</b> Equipamiento de recepción, preparación y combinación de MULTICABLE .....	20
<b>IMAGEN 11:</b> Demodulador ágil PICO/Macom PFAD-900cs. ....	21
<b>IMAGEN 12:</b> Canal NTSC.....	22
<b>IMAGEN 13:</b> Modulador de canal fijo PICO/Macom PCM-55 .....	23
<b>IMAGEN 14:</b> Combinador pasivo PICO/Macom PHC-12U .....	24
<b>IMAGEN 15:</b> Configuración estrella-árbol de la red troncal.....	26
<b>IMAGEN 16:</b> Partes del cable coaxial.....	26
<b>IMAGEN 17:</b> Diagrama general de un amplificador troncal.....	29
<b>IMAGEN 18:</b> Esquema de la red troncal desplegada para el sector sur de la ciudad de Otavalo. ....	33
<b>IMAGEN 19:</b> Esquema de la red troncal desplegada para el sector norte de la ciudad de Otavalo. ....	37
<b>IMAGEN 20:</b> Puntos de partida de una red de distribución. ....	38
<b>IMAGEN 21:</b> Ramificación de una red de distribución a través de un splitter. ....	40
<b>IMAGEN 22:</b> Extensión de red de distribución en base a cascada de amp. Extensores de línea .....	41
<b>IMAGEN 23:</b> Derivadores empleados para la distribución en MULTICABLE S.A.....	43
<b>IMAGEN 24:</b> Ubicación de los TAP en un segmento de distribución con amplificación. ....	44
<b>IMAGEN 25:</b> Instalación domiciliaria de CATV en MULTICABLE S.A. ....	45
<b>IMAGEN 26:</b> Cable Coaxial de acometida.....	45

<b>IMAGEN 27:</b> Distribución de mercado de televisión en México. ....	56
<b>IMAGEN 28:</b> Distribución de mercado de televisión en Argentina .....	57
<b>IMAGEN 29:</b> Distribución de mercado de televisión por suscripción en Ecuador. ....	59
<b>IMAGEN 30:</b> Panorámica de la Plaza de los Ponchos-Otavalo, .....	61
<b>IMAGEN 31:</b> Edad de encuestados .....	67
<b>IMAGEN 32:</b> Distribución de ocupación de las personas encuestadas. ....	68
<b>IMAGEN 33:</b> Personas encuestadas por cada parroquia.....	68
<b>IMAGEN 34:</b> Parroquias del cantón Otavalo con selección del área de cobertura para el diseño de la red MULTICABLE S.A. ....	69
<b>IMAGEN 35:</b> Opinión de clientes de MULTICABLE S.A. respecto el tiempo de respuesta de la empresa frente a algún inconveniente .....	70
<b>IMAGEN 36:</b> Porcentaje de aceptación de los otavaleños a un servicio de televisión interactivo. ....	71
<b>IMAGEN 37:</b> Proporción de encuestados respecto al interés de servicios de, pago por ver y contenido Premium. ....	72
<b>IMAGEN 38:</b> Tendencia de los encuestados a nuevos servicios de televisión por cable. ....	72
<b>IMAGEN 39:</b> Curva de la tendencia por IPTV. ....	76
<b>IMAGEN 40:</b> Curva de la tendencia por Internet .....	81
<b>IMAGEN 41:</b> Distribución de estándares de televisión digital a nivel mundial. ....	89
<b>IMAGEN 42:</b> Diagrama de bloque de un sistema de IPTV extremo a extremo. ....	93
<b>IMAGEN 43:</b> Capas o Niveles TCP/IP respecto a niveles OSI .....	102
<b>IMAGEN 44:</b> Clases de direcciones IP. ....	105
<b>IMAGEN 45:</b> Encabezado IPv6.....	107
<b>IMAGEN 46:</b> Modelo de comunicación IPTV.....	108
<b>IMAGEN 47:</b> Formato de paquete PES .....	109
<b>IMAGEN 48:</b> Formato de un paquete MPEG TS. ....	111
<b>IMAGEN 49:</b> Formato cabecera RTP .....	112
<b>IMAGEN 50:</b> Formato de un paquete IPv4 con video. ....	113
<b>IMAGEN 51:</b> Pila de protocolos usados en un sistema IPTV .....	117
<b>IMAGEN 52:</b> Infraestructura de red DOCSIS 3.0 .....	124



<b>IMAGEN 53:</b> Trama MAC DOCSIS 3.0. ....	126
<b>IMAGEN 54:</b> Partes constitutivas de la fibra óptica. ....	133
<b>IMAGEN 55:</b> Diferentes conectores de fibra óptica utilizados en la actualidad. ....	138
<b>IMAGEN 56:</b> Topología en anillo de una red híbrida HFC. ....	140
<b>IMAGEN 57:</b> Registro de conexiones y consumo de ancho de banda de la empresa ASEFINCO FLASHNET durante una semana.....	154
<b>IMAGEN 58:</b> Cálculo de cantidad de circuitos requeridos para transmitir tráfico de voz para abonados proyectados para el año 2014. ....	159
<b>IMAGEN 59:</b> Distribución de servicios IPTV en espectro NTSC proyectados para la empresa MULTICABLE S.A. para el año 2020.....	162
<b>IMAGEN 60:</b> Red primaria HFC con cobertura al sector sur y este de Otavalo.....	165
<b>IMAGEN 61:</b> Red primaria HFC con cobertura al sector norte y oeste de Otavalo. ....	168
<b>IMAGEN 62:</b> Cálculo de VAN y TIR en una hoja de Microsoft Excel. ....	192
<b>IMAGEN 63:</b> Crecimiento de suscriptores a IPTV en el mundo según estudios Media telecom Policy & Law. ....	196
<b>IMAGEN 64:</b> Distribución de frecuencias del estándar NTSC.....	210
<b>IMAGEN 65:</b> Conector VSF .....	213
<b>IMAGEN 66:</b> Conector stringer .....	213
<b>IMAGEN 67:</b> Conector Unión.....	213
<b>IMAGEN 68:</b> Conector tipo F hembra.....	213
<b>IMAGEN 69:</b> Conector tipo F macho .....	214
<b>IMAGEN 70:</b> Conector terminador .....	214
<b>IMAGEN 71:</b> Adaptadores troncales.....	215
<b>IMAGEN 72:</b> Atenuaciones típicas del Cable Coaxial según el calibre y frecuencia de operación.....	216
<b>IMAGEN 73:</b> Código de colores según estándares TIA-598-A para fibra Óptica.....	230

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> Canales nacionales y regionales que se reciben en Multicable S.A. ....	12
<b>TABLA 2:</b> Características de las antenas Yagi Uda ANTENNACRAFT utilizadas en MULTICABLE S.A. ....	13
<b>TABLA 3:</b> Especificación de antenas parabólicas para recepción satelital en MULTICABLE. ....	15
<b>TABLA 4:</b> Parámetros de un LNB Pansat digital.....	16
<b>TABLA 5:</b> Parámetros característicos de los receptores satelitales utilizados en MULTICABLE S.A. ....	17
<b>TABLA 6:</b> Características de un demodulador PICO/Macom PFAD-900cs. ....	21
<b>TABLA 7:</b> Características de un modulador PICO/Macom PCM-55.....	23
<b>TABLA 8:</b> Características de un combinador PICO/Macom PHC-12U.....	24
<b>TABLA 9:</b> Distribución en el espectro NTSC de canales que conforman la programación MULTICABLE. ....	25
<b>TABLA 10:</b> Características de c. coaxial RG500 Marca Claupet usado en la red troncal de MULTICABLE. ....	28
<b>TABLA 11:</b> Programación de la empresa Multicable S.A. ....	46
<b>TABLA 12:</b> Niveles de calidad por cada tramo coaxial de la red troncal MULTICABLE S.A.....	52
<b>TABLA 13:</b> Cantidad de cable operadores y televisión codificada terrestre por provincias en el Ecuador. ....	58
<b>TABLA 14:</b> Proyección de la demanda de IPTV a los primeros 7 años.....	76
<b>TABLA 15:</b> Proyección de la demanda de PPV a los primeros 7 años. ....	78
<b>TABLA 16:</b> Proyección de la demanda de VoD a los primeros 7 años. ....	79
<b>TABLA 17:</b> Proyección de la demanda de Internet a los primeros 7 años. ....	80
<b>TABLA 18:</b> Proyección de la demanda de telefonía a los primeros 7 años.....	82
<b>TABLA 19:</b> Oferta de cable operadoras locales de Otavalo. ....	83
<b>TABLA 20:</b> Oferta de proveedores de televisión satelital en Otavalo. ....	84
<b>TABLA 21:</b> Planes residenciales de los ISP que operan en la ciudad de Otavalo y sus alrededores.....	85
<b>TABLA 22:</b> Formatos del estándar MPEG. ....	101
<b>TABLA 23:</b> Campos de un flujo de transporte MPEG-TS. ....	111
<b>TABLA 24:</b> Campos de un encabezado RTP.....	112

<b>TABLA 25:</b> Campos de un paquete IPv4 con video.....	114
<b>TABLA 26:</b> Campos que conforman un encabezado Ethernet en IPTV.....	115
<b>TABLA 27:</b> Composición de una trama Ethernet típica que contiene vídeo MPEG-2.....	116
<b>TABLA 28:</b> Características versiones actuales DOCSIS.....	123
<b>TABLA 29:</b> Requerimientos en ancho de banda en un esquema DOCSIS 3.0.....	146
<b>TABLA 30:</b> Proyección de capacidad de servicio PPV, videos en definición estándar.....	148
<b>TABLA 31:</b> Proyección de capacidad de servicio PPV, videos en alta definición.....	149
<b>TABLA 32:</b> Proyección de capacidad de servicio VoD, videos en definición estándar.....	150
<b>TABLA 33:</b> Proyección de capacidad de servicio VoD, videos en definición HD.....	151
<b>TABLA 34:</b> Proyección de capacidad para canal ascendente en servicio PPV.....	152
<b>TABLA 35:</b> Proyección de capacidad para canal ascendente en servicio VoD.....	153
<b>TABLA 36:</b> Proyección de tráfico descendente para 7 años del plan básico de 2/0.5 Mbps. ....	156
<b>TABLA 37:</b> Proyección de tráfico ascendente para 7 años del plan básico de 2/0.5 Mbps. ....	156
<b>TABLA 38:</b> Proyección de tráfico total (descendente/ascendente) para próximos 7 años considerado para un plan inicial especial residencial de 5/1 Mbps compartido 8:1.....	157
<b>TABLA 39:</b> Proyección de tráfico total de voz (descendente y ascendente) para próximos 7 años.....	160
<b>TABLA 40:</b> Distribución de servicios en el espectro NTSC con requerimientos de capacidad estima para el año 2020.....	161
<b>TABLA 41:</b> Listado de nodos ópticos considerados en el anillo HFC del sector oriental.....	163
<b>TABLA 42:</b> Listado de nodos ópticos considerados en el anillo HFC del sector norte y occidente de Otavalo.....	167
<b>TABLA 43:</b> Características de la Fibra Monomodo de dispersión desplazada no nula (Recomendación G.655).....	173
<b>TABLA 44:</b> Longitudes de los anillos ópticos de la red primaria de MULTICABLE S.A.....	175
<b>TABLA 45:</b> Longitudes de los enlaces ópticos secundarios a partir de la cabecera de MULTICABLE S.A.....	175
<b>TABLA 46:</b> Longitudes de los enlaces ópticos de la red secundaria del anillo sur de MULTICABLE S.A.....	176
<b>TABLA 47:</b> Longitudes de los enlaces ópticos de la red secundaria del anillo norte de MULTICABLE S.A.....	176

<b>TABLA 48:</b> Valores de Atenuación y niveles de señal de los enlaces ópticos principales y secundarios de la red HFC de MULTICABLE S.A. ....	180
<b>TABLA 49:</b> Costos referenciales por adquisición de equipamiento de la cabecera IPTV. ....	182
<b>TABLA 50:</b> Costos referenciales para despliegue de la planta externa HFC. ....	184
<b>TABLA 51:</b> Costos referenciales por adquisición de equipamiento de suscriptor de servicios IPTV e Internet. ....	186
<b>TABLA 52:</b> Costos para contratar Internet dedicado a la empresa TELCONET. ....	186
<b>TABLA 53:</b> Costos para contratar troncal telefónica E1 a la empresa CNT EP. ....	187
<b>TABLA 54:</b> Inversión inicial total para implementación del sistema IPTV. ....	187
<b>TABLA 55:</b> Gastos operativos para la operación del sistema IPTV.....	188
<b>TABLA 56:</b> Planes residenciales referenciales para servicios 3 play de la empresa MSO MULTICABLE.....	190
<b>TABLA 57:</b> Ingreso por planes residenciales referenciales para servicios 3 play de la empresa MSO MULTICABLE.....	190
<b>TABLA 58:</b> Flujo de Efectivo estimada para un periodo de 7 años .....	191
<b>TABLA 59:</b> Resumen de equipos utilizados en la recepción y preparación de señales .....	211
<b>TABLA 60:</b> Características de Operación de un Splitter de 2 salidas.....	217
<b>TABLA 61:</b> Características de Operación de un Splitter de 3 salidas.....	217
<b>TABLA 62:</b> Atenuación de las líneas troncales R500 por cada frecuencia de operación.....	218
<b>TABLA 63:</b> Atenuación de las líneas de distribución RG11 por cada frecuencia de operación.....	220
<b>TABLA 64:</b> Valores de niveles de entrada/salida, relación portadora/ruido (CNR), batido de segundo orden (CSO) y batido de tercer orden (CTB) por cada amplificador MINIBRIDGER (MB) y extensor de línea (LE). ....	226

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en el diseño una red de gran capacidad, empleando la fibra óptica y cable coaxial como medio de transmisión ideal para transportar grandes caudales información audiovisual a través protocolos globales de comunicación (IPTV) en la empresa concesionaria de audio y video bajo modalidad cable físico MULTICABLE S.A. de la ciudad de Otavalo.

Para cumplir con eso, como primer punto, presenta una breve reseña histórica de las redes de televisión por cable, luego analiza la situación actual de la empresa MULTICABLE S.A. en cuanto a la infraestructura de cada etapa de la red y el servicio que oferta. Este proceso ayuda en el diagnóstico de la red y detecta los puntos vulnerables a solventar con el nuevo diseño.

Adicionalmente, el trabajo incluye un estudio de mercado en el área del entretenimiento de televisión, para lo cual se recolecta la opinión y nivel de interés respecto a nuevos servicios multimedia empleando encuestas dirigidas a los habitantes de las parroquias urbanas del cantón Otavalo, se tabulan, se obtiene los resultados y estima la proyección de la demanda para afianzar la viabilidad del proyecto.

Desde el punto de vista técnico, el diseño incluye el cálculo de la capacidad total del sistema, la topología, la propuesta de tendido de la red en los planos arquitectónicos a una escala 1:5000 de las parroquias del cantón Otavalo y la elección de los equipos y medios de transmisión, para lo cual muestra una completa investigación de las tecnologías que permiten el desarrollo de sistemas IPTV, como por ejemplo, protocolos Internet (IP), protocolos de transporte TCP y UDP, gestión de comunicaciones multicast (IGMP v3), protocolos de control de flujos en tiempo real (RTSP).

Se incluye el estudio del estándar DOCSIS 3.0 (Especificación de Interfaz para Datos sobre redes de Cable) para determinar los aspectos y parámetros más sobresalientes que permiten evolucionar las redes tradicionales de televisión por cable a redes digitales de servicios integrados.

Finalmente el trabajo de grado contiene un estudio económico de los costos referenciales por la adquisición de servicios y equipos que permita determinar la inversión inicial, se realiza además una estimación de los gastos operativos para mantener en funcionamiento el nuevo sistema IPTV, y trata acerca de las reglamentaciones nacionales respecto a empresas que proveen este tipo de servicios.

## ABSTRACT

This graduation work consists in a design of a high capacity data network, using optical fiber and coaxial cable as an ideal transmission medium for transporting a lot of multimedia content over global communications protocols (IPTV) in benefit to cable operator MULTICABLE S.A. located in Otavalo city. To accomplish this goal, at start of this work will explain a review of the beginnings of cable television systems. Then, it proceeds to analyze the current situation of MULTICABLE S.A. in terms of the infrastructure of each stage of the network and the service offering. This process will help to diagnose the analogical network and detect vulnerabilities in MULTICABLE S.A, the same be solve with the new broadband network design.

Additionally, this work includes an investigation about the level of interest with respect to new multimedia services in TV customers of Otavalo city, for which, the survey is used as data collection technique to receive opinion of people from the urban parishes in Otavalo. Then, the obtained information is tabulated to offer real data for demand estimation, to strengthen the viability of the project.

At technical point of view, the design includes the calculation of capacity budget of the HFC system, the topology and the network laying, that can be seen in architectural flats on a 1:5000 scale of the parishes in Otavalo, and the choice of equipment and transmission medium, which results from a full investigation of the technologies that enable the development of IPTV systems, for example, Internet Protocols (IP), TCP and UDP transport protocols, multicast communications management (IGMP v3), real-time control protocol (RTSP).

DOCSIS 3.0 (Data Over Cable Systems Interface Specification) are investigate to determine the aspects and most significant parameters that evolve the traditional cable networks in advanced digital networks.

Finally, describes an economic study about reference costs for the purchase services and equipment that allows determining the initial investment, is also an estimate of operating costs to keep running the new IPTV system, and is the national regulations with regard to companies that provide such services.

## **CAPÍTULO I**

### **1 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA RED CATV EN LA EMPRESA MULTICABLE S.A**

El capítulo 1 explica una breve reseña histórica del desarrollo de redes de televisión por cable (CATV), describiendo además las partes constitutivas del sistema de televisión por cable y el estado actual de la red de la empresa MULTICABLE S.A. respecto a potencia y calidad de la señal en el trayecto cableado de la red troncal y red de distribución. Esta información es útil para determinar los puntos vulnerables a solventar para establecer un sistema avanzado que soporte transmisión de grandes caudales de datos.

Finalmente, esta parte del trabajo informa de la situación del mercado de televisión por cable a nivel internacional a fin de realizar una visión general de la actualidad en función a la demanda de los usuarios respecto al servicio de televisión por cable, apoyándose en estadísticas de organismos internacionales que afianzan la necesidad de actualizar las redes tradicionales de CATV, motivo del presente trabajo.

#### **1.1 INTRODUCCIÓN DE CATV (TELEVISION POR CABLE)**

Desde la aparición de los primeros indicios de la televisión, con la transmisión de telefotos utilizando medios mecánicos y eléctricos en 1884 hasta la masificación de los actuales televisores inteligentes, la televisión ha sido y es el medio de comunicación con más influencia sobre los individuos, y con mayor poder de penetración en los hogares.

Una vez perfeccionado y extendido el concepto de televisión, permitió el desarrollo de empresas que vieron en este invento un negocio rentable, desde empresas dedicadas a la producción y venta de receptores, equipos y suministros para producción de programas, además de agencias dedicadas al manejo de talentos de televisión, creativos, diseñadores, actores, productores, etc. Y sin dejar de lado la publicidad gráfica, pues la televisión ha sido siempre un medio de publicidad eficaz dirigida a un gran número de televidentes indistintamente de su estatus social, religiosa o política.

Con el paulatino desarrollo tecnológico y, la cada vez más exigente demanda del público de todos los rincones de una región, favoreció directamente en la aparición de empresas que ofertan contenido, un ejemplo son las operadoras de cable.

Este modelo de oferta demanda ha sugerido tácitamente a las empresas televisivas a mejorar o adecuar sus sistemas hacia las nuevas tendencias y poder mantenerse en un ambiente más competitivo, entre ellas, la digitalización parcial o total de sistemas de cable operadores con lo cual logran brindar una amplia gama de servicios integrados, esta última afirmación la profundizaremos más adelante pues es motivo del presente proyecto de titulación.

### **Reseña Histórica de sistemas de CATV**

La televisión por cable se originó y desarrolló en los Estados Unidos de Norteamérica, en la década de los 40, hasta entonces eran muy comunes las transmisiones locales empleando una antena emisora local que difundía las señales televisivas hacia los receptores ubicados a una distancia que no tuviere mayor inconveniente en la recepción de las ondas hertzianas<sup>1</sup>. Los usuarios de televisión de las grandes urbes no tuvieron mayor problema para la captación de las señales ya que con instalar un simple sistema de recepción basado en una antena ubicado en la azotea del domicilio y guiados con cable físico hacia al receptor de televisión, los televidentes podían disfrutar de variados programas de televisión gratuita. Además las emisoras estaban cercanas, ya que las grandes cadenas de televisión estaban situadas dentro de las ciudades.

Paralelamente y considerando que la orografía es muy variable, ciertos sectores no podían captar dichas señales, que para esas épocas no contaban con una red de repetidoras como las que conocemos en la actualidad. Por lo que la señal de televisión no podía atravesar las montañas, aunque la recepción sí era posible en las crestas de las mismas.

A pesar del desarrollo de emisoras locales de los pueblos más alejados, los televidentes aspiraban a disponer de las mismas ventajas comunicativas que los núcleos urbanos. Tal situación afectaba también a los vendedores de aparatos de televisión, que veían como sus ingresos se reducían debido al desencanto de su público; mientras, en las ciudades, la venta de aparatos se constituía como uno de los negocios más rentables.

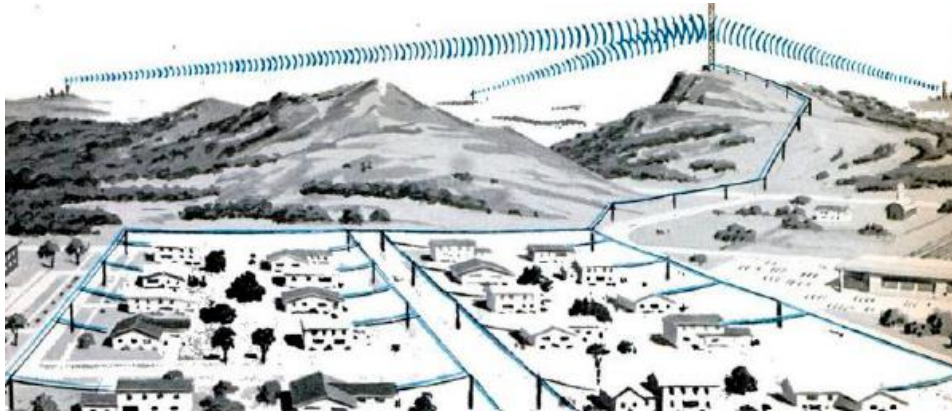
A finales de los años 40, en Pennsylvania, John Walson, propietario de un almacén de ventas de aparatos de televisión, que como es de suponer, tenía dificultades en la venta de estos equipos, instaló una antena receptora en un sitio elevado con buenas condiciones de recepción.

---

<sup>1</sup> Ondas hertzianas, comúnmente conocidos como señales en radiofrecuencia RF, son impulsos de energía electromagnética capaces de viajar por el espacio vacío alejándose indefinidamente sin necesidad de ningún soporte material.



La señal recibida era transportada mediante un cable de pares hacia el almacén, donde expuso sus televisores, esta vez con imágenes. Dando origen a la Community Antenna Television o CATV, posteriormente renombrada a Cable Television. Este sistema fue conocido también como cable pasivo, pues se limitaba únicamente a capturar la señal televisiva procedente de los grandes núcleos urbanos y redistribuirla mediante otro medio de transmisión, el cable de cobre (Fernández Emilio, 1999: párr. 11).



**IMAGEN 1:** Sistema de Antena comunitaria aplicada a finales de los 40'

**Fuente:** imagen escaneada de revista POPULAR SCIENCE, enero 1969.

Las redes CATV eran unidireccionales. No se contemplaba la necesidad de utilizarlas en sentido 'ascendente', por lo que los amplificadores se diseñaban con la única función de amplificar la señal hacia abajo y actuaban como verdaderas válvulas que impedían cualquier propagación de señales en sentido ascendente.

Poco después, Milton J. Shapp (fundador de Jerrold Electronics Corporation pionero en el desarrollo de la industria de televisión por cable en EEUU.) aplicó el mismo principio a nivel de edificios individuales, evitando así la acumulación de antenas particulares en los tejados de los edificios pero lo que sobresalió fue la utilización por primera vez el cable coaxial como medio de distribución de señales audiovisuales (Faustino Montes y Guillermo González, 2004: 6).

El carácter liberal y capitalista propio de la cultura norteamericana, daría un giro a este servicio comunitario. En Landsford (Pennsylvania) varios propietarios de tiendas de electrodomésticos pusieron en marcha la iniciativa pero introdujeron una substancial diferencia: esta vez se redistribuían la señal televisiva mediante el cable a cambio de una cuota mensual. A cambio, debían garantizar una correcta recepción y una gran cantidad de canales, una oferta amplia y atractiva al cliente. Así nacen los que actualmente conocemos como "operadores de cable".

Los operadores de cable ejecutaron cualquier mecanismo por capturar todo tipo de señales procedentes de diversas poblaciones. A partir de esos momentos el cable pasaría a ser un sistema de difusión activo, ya que para configurar su programación tenía en cuenta los gustos del público, las ofertas de otros operadores y las tendencias o modas del momento.

Cabe señalar que la reseña antes mencionada se centra en Estados Unidos, país en el que se originó y fortaleció la televisión por cable, y que gradualmente se extendió por todo el mundo. En Europa, los orígenes de la TV por cable se deben a la aparición de vídeos comunitarios en los que se distribuían películas de vídeo-club a través de la instalación de la antena colectiva de un edificio.

Para la actualidad, los cable operadores se han convertido en verdaderos sistemas de prestación de servicios variados, la emisión de canales de televisión sigue siendo la principal motivación, pero en los últimos las compañías de CATV han visto en la inserción de nuevos servicios como la telefonía e internet una opción más atractiva para el suscriptor, que a su vez supone de una fuerte inversión económica para la adecuación de los sistemas de las compañías.

La digitalización total o parcial de los sistemas ha permitido ofertar servicios de banda ancha, telefonía y televisión de mayor calidad. Por una parte, el uso de nuevos equipamientos en las centrales (cabecera de red), la sustitución total o parcial del cableado coaxial a la fibra de vidrio permitió brindar los servicios antes mencionados con una excelente calidad: televisión en alta definición, televisión interactiva, televisión IP, internet banda ancha y telefonía IP.

## **1.2 ESTRUCTURA GENERAL DE UN SISTEMA DE TELEVISIÓN POR CABLE**

Una red tradicional de CATV es un sistema unidireccional y analógico, desde el punto de origen (cabecera) hacia las instalaciones del cliente, proporcionando desde 20 a 100 canales de televisión organizadas en bandas de frecuencia NTSC<sup>2</sup> similar a la televisión analógica por aire. La cantidad de canales que la red pueda transportar determina las clases de sistemas de TV por cable, los mismos que están categorizados además por su frecuencia de operación más alta, así se tiene sistemas CATV de baja, mediana y gran capacidad

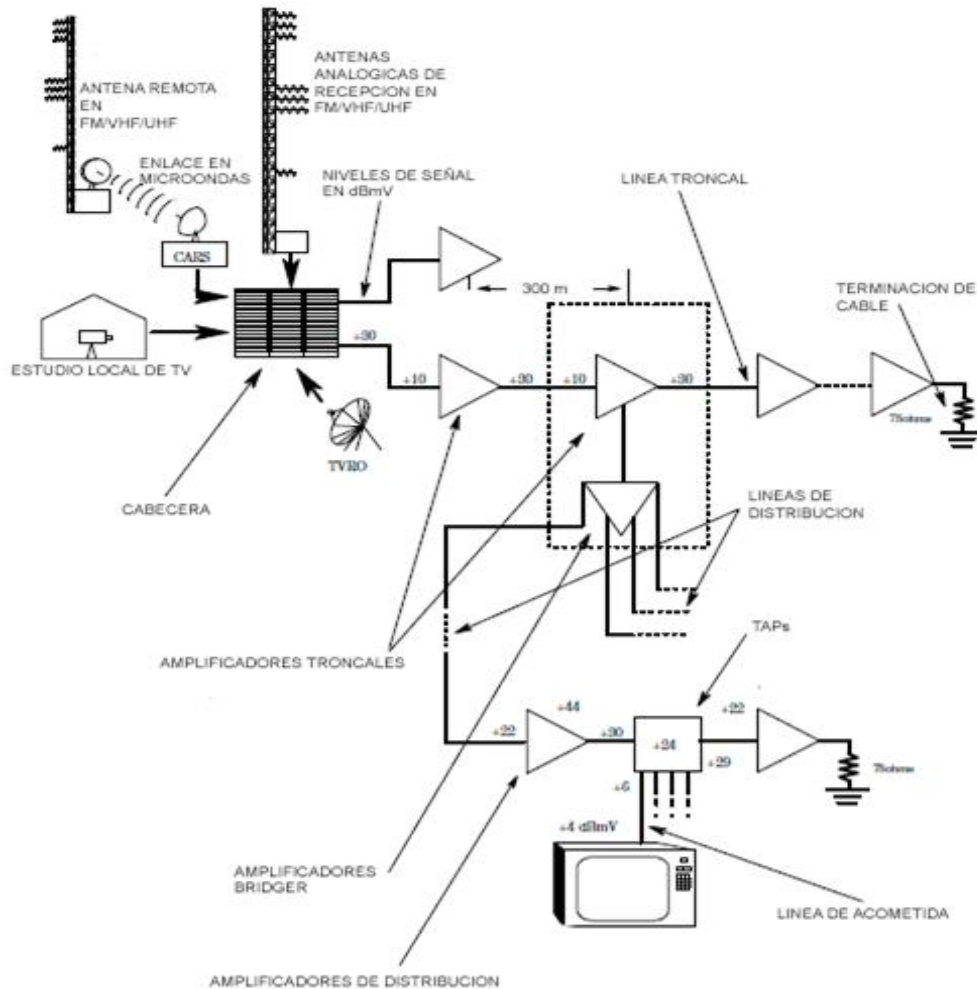
---

<sup>2</sup> NTSC es el primer sistema de codificación y transmisión de televisión analógica en color, es utilizado en Norteamérica, en todos los países de Sudamérica excepto Brasil y Argentina.

- Los sistemas de cable de baja capacidad operan en el rango de 50 a 220 MHz con un ancho de banda de 170 MHz, soporta la transmisión de 12 a 22 canales de televisión, son los primeros sistemas de cable que se montaron en los inicios de la industria en los estados Unidos.
- Sistemas de catv de mediana capacidad operan en las frecuencias superiores a 270 MHz y 330 MHz y con un ancho de banda de 220 a 280 MHz respectivamente. El sistema a 270 MHz entrega 30 canales mientras el sistema a 330 MHz entrega 40 canales. Algunos sistemas a 220 MHz son actualizados a 300 MHz.
- Sistemas de catv de gran capacidad consiguen anchos de banda de 450, 550 y 750 MHz, que pueden operar a 60, 87 y 100 canales de televisión respectivamente (Salomón Álvarez, s.f.: 167-169)

Cabe mencionar que la capacidad de estos sistemas es independiente al alcance de la red, ya que más bien se refieren a la capacidad que se logra por la disposición de los equipos en la cabecera de la red. Así, el alcance de la red se logra con la adecuada utilización del tendido coaxial y una serie de amplificadores que se coloquen a lo largo de un tramo coaxial según el número de clientes (hogares pasados, HP) y sectores a cubrir. En la práctica, la red CATV 'clásica' utiliza cable coaxial únicamente, y sus partes constitutivas se demuestran en la imagen 2.

El centro emisor, o cabecera de la red, puede tener una antena de radiodifusión profesional para captar la programación normal, varios receptores de canales vía satélite y una serie de canales de programación propia. Todas estas señales se distribuyen a los abonados a través de la red de cable coaxial, que puede abarcar muchos miles de usuarios en función al alcance del tendido de cable coaxial, que partiendo desde el centro emisor se expande a través de diversas longitudes individuales troncales (amplificándose cada cierta longitud), que a su vez a través de equipos especializados en dividir las señales se ramifican en trayectos coaxiales hasta un punto adecuado para la conexión final al cliente, esta disposición se conoce como topología árbol-rama, que es la más difundida en los cable operadores de tecnología coaxial.



**IMAGEN 2:** Sistema típico de distribución coaxial de la red CATV  
**Fuente:** “Cable Television System Measurements Handbook”, pág. 4, HP hewlett packcard.

De la imagen anterior se puede resumir las siguientes partes constitutivas de un sistema de CATV:

- Cabecera de red o HEADEND,
- Red troncal,
- Red de distribución, y
- Red de acometida (Walter Ciciora, James Farmer, David Large y Michael Adams, 2004:14).

### **1.3 DESCRIPCIÓN DEL OPERADOR DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN, MULTICABLE S.A. OTAVALO**

MULTICABLE S.A. Otavalo, es una empresa privada que provee el servicio de televisión por cable a aproximadamente a 800 abonados de la ciudad de Otavalo, data desde los primeros meses de 1999. Está registrada como concesionario de audio y video por suscripción en la SUPERTEL desde el 25 de Enero de 1999, tal concesión otorgaba los permisos para extender sus redes en la ciudad de Otavalo y sus alrededores.

Para entonces se trataba de una microempresa dirigida por el Sr. Diego Guzmán que brindaba el servicio de televisión pagada al sector central de la ciudad, que mediante una simple conexión cableada, los suscriptores disfrutaban de una variada programación nacional e internacional dispuesta en un plan de 30 canales por un abono mensual de 50 000 sucres.

Tal novedad despertó el interés de la población otavaleña por tener un medio de distracción más completa y actualizada que la televisión tradicional, con la única limitación del sistema, la cobertura. La demanda de la población distante al alcance de la red aportó directamente a acelerar los planes de ampliación de cobertura que suponía una fuerte inversión y un impacto directo sobre el ajuste de precios para los abonados, pero fue la dolarización un cambio considerable que obligaría a fijar la cuota mensual a ocho dólares para el año 2001. A pesar de ello, a nivel de cliente el coste era bastante cómodo y tener el servicio en casa era muy fácil y eficiente, pues la instalación al televisor del solicitante se trataba de una conexión simple de cable coaxial desde el poste a la entrada de la antena del televisor.

Para el año 2005 incrementó la cantidad de canales que se ofertaban, el plan entonces consistía en 41 canales entre nacionales e internacionales, el mismo plan que se mantiene en la actualidad por una mensualidad de 18,35 USD.

A partir de 2013, la empresa pasó a ser dirigida por el actual propietario Eco. Mario Patricio Lema Cachipuendo.

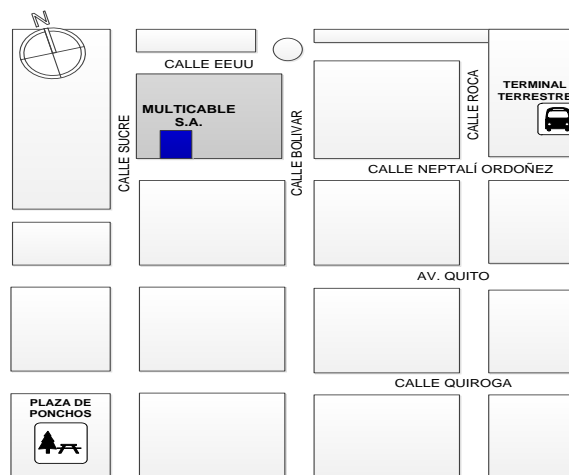
Para la actualidad, MULTICABLE S.A. es una de las dos cable operadoras de Otavalo, particularmente se trata de una red analógica conformada por una gran cantidad de tramos troncales de cable coaxial de media pulgada amplificadas cada 300 metros hasta llegar a las redes de distribución también de cable coaxial de menor calibre, toda esta parte técnica permite brindar a sus suscriptores 41 canales de televisión.

En cuanto al alcance de la red, La red MULTICABLE S.A. cubre por el norte al barrio Peguche; las urbanizaciones María José, El Valle y las Cdlas. Miravalle, Jacinto Collahuazo 1ra. Etapa, Rumiñahui, Imbaya y Los Lagos; al sur, abarca los barrios San Blas, Santiaguillo, La Joya y la cdl. 31 de Octubre; al este la red de cable llega al Barrio Monserrath; y al oeste cubre los barrios y cdls del sector de El Camal.

El uso de las nuevas tecnologías para lograr redes con mayor capacidad ha dejado en evidencia la decisión de la nueva administración en lograr la ampliación de la cobertura hacia más parroquias del cantón Otavalo, puesto que se han empleado líneas ópticas (fibra óptica) para llegar a la parroquia de San Pablo, Gonzales Suarez, Espejo e Ilumán, cuya media de distancia desde la cabecera es 7 Km.

### 1.3.1 UBICACIÓN DE MULTICABLE S.A

El operador de cable MULTICABLE S.A. está ubicado en el sector céntrico de la ciudad de Otavalo. Tanto la oficina como la cabecera se encuentran establecidas en el edificio ubicado en calle Neptalí Ordoñez S/N entre las calles Bolívar y Sucre, diagonal al Coliseo del colegio República del Ecuador.



**IMAGEN 3:** Croquis de la ubicación del cable operador MULTICABLE S.A

**Fuente:** diseño propio en Visio 2010.

Dicha oficina se encuentra en la planta baja de una edificación de 4 pisos, donde en el cuarto piso de dicha vivienda se encuentra la cabecera de la red, lugar donde recibe, procesa y difunde la señal a toda la red. Los contactos telefónicos son:

- Para ventas y servicio al cliente: fijo (593) (06) 2 923 213 y móvil (593) 979946472.
- Para soporte técnico: móvil (593) 979946471.
- Correo electrónico: multicable@hotmail.com.

### 1.3.2 MISIÓN DE MULTICABLE S.A

Proveer el servicio de televisión por cable de calidad en el cantón Otavalo, para lo cual se prioriza al mejoramiento continuo de la infraestructura y la excelencia en la atención al público permitiendo así ofrecer cantidad y calidad de programación a nuestros abonados.

### 1.3.3 VISIÓN DE MULTICABLE S.A

La empresa MULTICABLE S.A. Otavalo, aspira el liderazgo en el mercado local de servicios de telecomunicaciones, afianzando valores como la iniciativa, amabilidad, honestidad y puntualidad, así como la mejora y actualización de la tecnología usada en su infraestructura que permita cumplir con las exigencias y demandas del mercado.

### 1.3.4 ORGANIGRAMA DE MULTICABLE S.A

La administración de la empresa se realiza conjunta y sistemáticamente entre los departamentos que se describen en el siguiente gráfico:



**IMAGEN 4:** Organigrama de la empresa Multicable S.A. Otavalo.

**Fuente:** elaboración propia a partir de información facilitada por del departamento de contabilidad de MULTICABLE S.A.

## 1.4 ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DE MULTICABLE S.A

Como se mencionó anteriormente, la red de televisión por cable de la empresa MULTICABLE S.A. es totalmente analógica, a pesar de ello hay equipos con características de escalabilidad a sistemas más avanzados o digitales, a continuación se analiza cada sección de la red actual según la estructura de CATV que se observó en la Imagen 2.

### 1.4.1 DIAGNÓSTICO DE LA CABECERA DE RED MULTICABLE S.A

La cabecera o headend es la fuente de todas las señales distribuidas por todo el sistema, así como, el punto de recogida para todas las fuentes de señal. Para ello la cabecera de una red CATV generalmente está dividida en dos áreas de trabajo, la área de recepción de señales donde se encuentra los dispositivos para recoger las señales televisivas tanto terrestres como satelitales, esta área se identifica como estación terrena de recepción de TV (Walter Ciciora et al, 2004:14).

En la empresa MULTICABLE S.A. la estación terrena se ubica en la terraza del edificio donde se encuentra las oficinas de administración, en un espacio aproximado de 40 m<sup>2</sup> (ver Imagen 5, parte b ), el área de preparación de señales está dispuesto en una habitación del piso 4 del domicilio antes mencionado, dicho espacio está adecuado en dimensión (4 x 5.5 m) e infraestructura para ubicar el equipamiento en un ambiente óptimo que garantice el correcto funcionamiento de los equipos y demás complementos que intervienen en los procesos referentes a la recepción, adecuación y difusión de las señales en radiofrecuencia (RF) hacia el cableado coaxial, además están organizados sistemáticamente, tal que permita a los técnicos realizar el respetivo mantenimiento y monitoreo de la cabecera de red, la parte a de la Imagen siguiente indica el área de preparación de la cabecera de red MULTICABLE S.A.



(a)



(b)

**IMAGEN 5:** Cabecera de red de MULTICABLE S.A

(a) Cuarto de equipos y (b) estación terrena

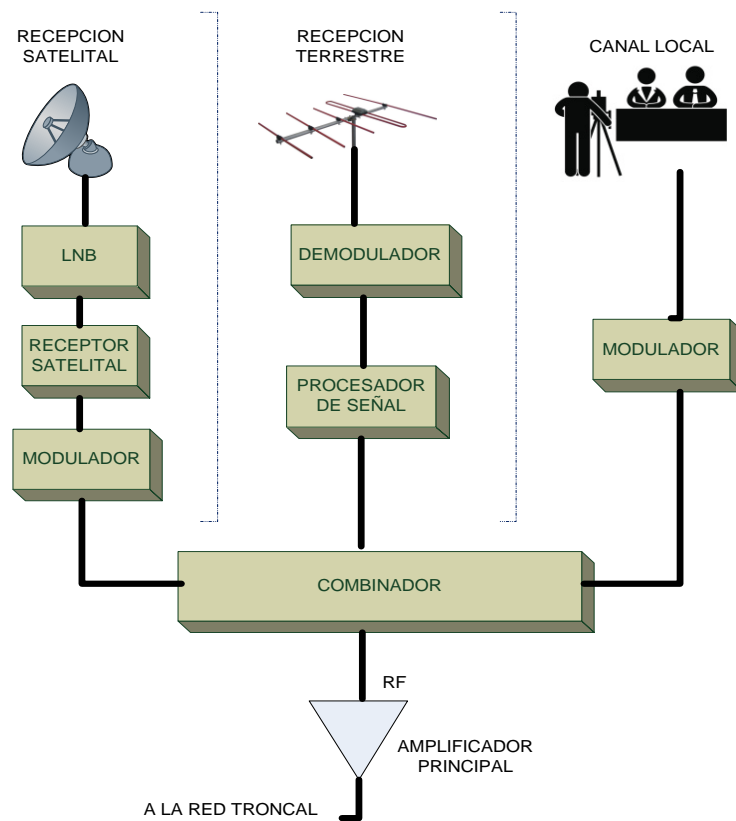
**Fuente:** fotografía instalaciones durante visita técnica a la cabecera de red.

Desde la recepción hasta la difusión de la señal de televisión por la red de cable, cumple con varias etapas, la imagen 6 indica el esquema funcional de la cabecera de red de una red de CATV tradicional.



Entonces, las señales recibidas, decodificadas y/o demoduladas ingresan a la sección de procesamiento con la finalidad de preparar las señales mediante procesos de filtrado, modulación y combinación que pasarán a ser difundidas en las siguientes secciones de la red, sin antes ser amplificada por un amplificador principal de headend, a esta área de trabajo se la conoce como área de preparación o procesamiento de señales.

Además, la cabecera produce información audiovisual desde los estudios locales, es muy común encontrar un canal local en la lista de programación ofertada por la compañía de cable al público, en la empresa MULTICABLE S.A. por el momento no cuenta con un canal local.



**IMAGEN 6:** Diagrama funcional de una cabecera de red CATV

**Fuente:** diseño propio en Visio 2010.

La empresa MULTICABLE S.A. dispone de un completo sistema de recepción de la señal audiovisual tanto terrestre como satelital para obtener las señales que comprenderán la programación televisiva de la empresa.

### 1.4.1.1 SISTEMAS DE RECEPCIÓN TERRESTRE

La parte de recepción de señal terrestre realiza básicamente la captura de canales nacionales, regionales y/o locales en banda VHF y UHF<sup>3</sup> desde las repetidoras de radiodifusión más cercanas, la ubicación de las antenas de recepción depende además de la geografía del terreno y obstáculos intermedios, como árboles, vallas, edificios, etc.

A continuación, la tabla 1 muestra los canales nacionales que la empresa MULTICABLE recibe desde las repetidoras que cubren la ciudad de Otavalo.

**TABLA 1:** Canales nacionales y regionales que se reciben en Multicable S.A.

ESTACIÓN	ALCANCE	CANAL	UBICACIÓN	TIPO
RED TELESISTEMA (RTS)	NACIONAL	3	C. BLANCO	COM. PRIVADO
GAMA TV	NACIONAL	6	C. COTACACHI	COM. PRIVADO
ECUADOR TV	NACIONAL	7	C. BLANCO	SERV. PÚBLICO
TV NORTE	REGIONAL	9	C. COTACACHI	COM. PRIVADO
TC TELEVISION	NACIONAL	8	C. BLANCO	COM. PRIVADO
ECUAVISA	NACIONAL	11	C. BLANCO	COM. PRIVADO
TELEAMAZONAS	NACIONAL	13	C. BLANCO	COM. PRIVADO
CANAL UNO	NACIONAL	22	C. COTACACHI	COM. PRIVADO
RTU	NACIONAL	28	C. COTACACHI	COM. PRIVADO

Fuente: <http://www.regulacionesecuador.gob.ec/>

Las antenas más populares para la recepción de televisión terrestre son de tipo Yagi.

*Antena Yagi:* es la antena más utilizada para la recepción de televisión que se compone de un dipolo y una serie de varillas metálicas llamadas pasivos; la varilla más larga funciona como reflector que irradia el campo eléctrico sobre los directores, para que al dipolo le llegue la mayor cantidad posible de señal. Los directores hacen que la señal sea lo más directivo y con mayor ganancia, como indica la siguiente Imagen:

<sup>3</sup> Banda de Frecuencias Muy Altas, VHF y Banda de Frecuencias Ultra Altas, UHF, son una porción del espectro radioeléctrico que comprenden el rango de 30 – 300 MHz y 300 – 3000 MHz, respectivamente, en VHF se encuentran los canales del 2 al 13 y en UHF están los canales que van desde el 14 en adelante.



**IMAGEN 7:** Antena de recepción terrestre tipo yagi.

**Fuente:** [www.zero13wireless.net](http://www.zero13wireless.net)

Para recibir dichas señales la empresa MULTICABLE S.A emplea dos antenas yagi profesionales marca ANTENNACRAFT, la una de modelo CCS 1843 destinadas a la recepción de canales nacionales VHF, y la antena modelo C490 para recepción de canales nacionales UHF. La tabla 2 indica algunos parámetros de las antenas ANTENNACRAFT que permiten recibir las señales en forma eficiente.

Las señales terrestres capturadas se dirigen hacia los demoduladores a través de cable coaxial para su posterior procesamiento (ver Imagen 8), previamente pueden ser reducidas la cantidad de antenas en la estación terrena mediante el uso de divisores caseros (splitters) que operen en frecuencias de 5-900 MHz por cada antena, optimizando espacio e infraestructura, pudiendo demultiplexar hasta 4 canales nacionales, evitando el uso de una antena por cada canal.

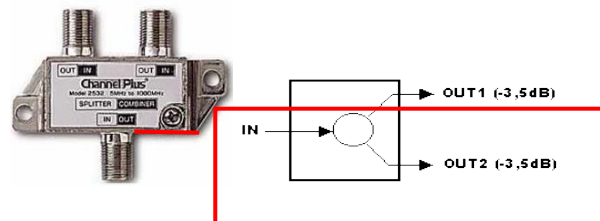
**TABLA 2:** Características de las antenas Yagi Uda ANTENNACRAFT utilizadas en MULTICABLE S.A.

ESPECIFICACIÓN	CCS1843	C490
CANALES QUE ADMITE	2-69	2-69
ELEMENTOS ELECTRONICOS	54	50
IMPEDANCIA DE SALIDA	300 ohms.	300 ohms.
PESO	11.8 Lbs.	10.6 Lbs.
GANANCIA VHF BANDA BAJA	6.0 dB	5.0 dB
GANANCIA VHF BANDA ALTA	9.1 dB	8.8 dB
GANANCIA BANDA UHF	9.3 dB	9.3 dB

**Fuente:** <http://www.summitsource.com/>

*Splitter casero:* Un divisor o repartidor es un dispositivo que divide la energía de RF de una entrada en dos o más de salidas, cada salida sufre una atenuación dependiendo de la cantidad de salidas, así un splitter de 1 a 2 atenúa 3.5 dB para cada salida y un splitter de 1 a 4 atenúa 7 dB (neoteo, 2014: párr. 13).

En MULTICABLE S.A. es común encontrar este tipo de splitters en marca Quest.



**IMAGEN 8:** Splitter 1x2.

Fuente: <http://digishop.com.ec/>

#### 1.4.1.2 SISTEMAS DE RECEPCIÓN SATELITAL

Cuando el plan de suscripción ofertada por la empresa de cable incluye programación internacional de televisión, es necesario realizar un salto satelital hacia las cadenas multinacionales ubicadas en otros países.

Generalmente el enlace lo realiza un satélite geoestacionario (ubicado a unos 35806 Km sobre el ecuador de la Tierra rotando a razón de 24 horas, lo mismo que la Tierra), la captura de señales satelitales se logran gracias a ubicar estructuras de forma parabólicas con diámetros que van de 2 a 6 m en función a la frecuencia en la que viajan las señales. Estas estructuras están organizadas en la planta externa de la cabecera de red conformando una estación terrena y se las conocen como antenas parabólicas TVRO (TVRO, 2014: 1).

Las antenas parabólicas tipo TVRO (Television Receive Only) receptores solo televisión, son circuitos LC resonantes<sup>4</sup> en determinadas bandas de frecuencias (C y Ku) capaces de captar las emisiones satelitales que se hallan disponibles en la región. En función a la frecuencia de operación se requieren también reflectores parabólicos sea en banda C o banda Ku (TVRO, 2014: 3).

<sup>4</sup> Circuito LC resonante, Un circuito de resonancia está compuesto por una resistencia un condensador y una bobina en el cual se alimentan de corriente alterna, son especialmente útiles cuando se desea hacer "sintonizadores", en los cuales se quiere dar suficiente potencia a sólo una frecuencia dentro de un espectro.

La Banda-C (3.7 y 4.1 GHz) fue el primer rango de frecuencia satelital utilizado en transmisiones, requiere unas parábolas de transmisión y recepción, relativamente grandes. Es más confiable bajo condiciones adversas, principalmente lluvia fuerte y granizo. Al mismo tiempo, las frecuencias de banda-C están más congestionadas y son más vulnerables hacia interferencia terrestre (satélite Sur, 2014: párr. 2).

Los platos en Banda-Ku (11.7 y 12.2 GHz) son aproximadamente un tercio del tamaño utilizado para Banda-C. La Banda-Ku también tiene menos restricciones técnicas, es la que hace que los usuarios puedan rápidamente instalar enlaces satelitales y empezar a transmitir (satélite Sur, 2014: párr. 3).

En la estación terrena de MULTICABLE S.A. se encuentran antenas parabólicas de producción nacional que contienen físicamente un reflector parabólico y un amplificador de bajo ruido, Low Noise Block o LNB. La ganancia de una antena parabólica está en función del diámetro de la misma en donde chocan las ondas electromagnéticas, a continuación la tabla 3 resume ciertos detalles de los reflectores satelitales.

**TABLA 3:** Especificación de antenas parabólicas para recepción satelital en MULTICABLE.

CANTIDAD	DIÁMETRO (m)	SATÉLITE	BANDA DE OPERACION	CANTIDAD CANALES DE RECEPCION
1	4	PAS 3	C	12
1	4	INTELSAT 5	C	2
1	4	INTELSAT 806	C	9
1	4	PAS INTELSAT 9	C	7
1	5	SAT MEX 5	C	1
1	3	PAS INTELSAT 9	C	1

**Fuente:** elaboración propia a partir de visitas técnicas a la cabecera de MULTICABLE S.A.

El LNB situado en el foco de la antena parabólica es el encargado de recoger las señales procedentes de satélites, es muy útil debido a que las frecuencias de transmisión del enlace descendente del satélite (downlink) son imposibles de distribuir por los cables coaxiales. Por lo que un LNB convierte las señales de la alta frecuencia ya sea en banda C o Ku a frecuencias de trabajo que admite el receptor digital generalmente de 950 a 2150 MHz (sateliteclasea, 2014: párr. 2).

A la salida de los LNB, también complementa el trabajo el uso de splitters de 950-2400 MHz para direccionar una señal por individual a cada receptor satelital. El splitter además, inserta energía a los LNB que trabajan con una corriente DC, voltaje por lo general de 18 V. En la empresa MULTICABLE operan los LNB de marca Pansat PC-9500W. Algunas características las facilita la tabla 4.

**TABLA 4:** Parámetros de un LNB Pansat digital.

ESPECIFICACIÓN	VALOR
FRECUENCIA DE ENTRADA	3.4-4.2 GHz
FRECUENCIA DE SALIDA	950-1750 MHz
TEMPERATURA DE RUIDO	-256 a -248 °C
GANANCIA DE CONVERSIÓN	65 dB
IMPEDANCIA DE SALIDA	75 ohms
VOLTAJE DE OPERACIÓN	12 a 24 V DC
CORRIENTE	150 mA max.
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	-30 a 60 °C
CONECTOR DE SALIDA	Tipo F hembra
<i>PESO</i>	<i>158 g</i>

**Fuente:** <http://www.ftamex.com/>

Cada línea que baja desde el splitter entrega a la cabecera una señal codificada, por lo que es necesario emplear un equipo adicional para extraer las señales de audio y video.

Un IRD o equipo Receptor/Decodificador Integrado cumple con la función de recibir una señal digital en alguno de los estándares (cable, satélite, terrestre, IPTV), y de comprobar que tenga permiso para ver esta señal de video.

En MULTICABLE S.A. se emplean decodificadores D9865 de marca CISCO y decodificadores de marca SCIENTIFIC ATLANTA modelo POWERVU D9835, con los cuales se reciben y decodifican las señales provenientes de un satélite. Cada unidad se configura a través del menú de visualización en pantalla, usando un control remoto o utilizando las teclas de navegación en el panel frontal del receptor. El receptor también es compatible con una interfaz Web y control SNMP a través del puerto Ethernet como opción.

Un receptor CISCO ofrece la capacidad de recibir vídeo digitalmente codificado, audio, VBI, y datos. Proporciona una solución de transición existentes DVB-S/MPEG-2 servicios a DVB-S2/MPEG-4. A continuación más información.

**TABLA 5:** Parámetros característicos de los receptores satelitales utilizados en MULTICABLE S.A.

<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>CISCO D9865 y SC ATLANTA POWERVU 9835</b>
<b>Sistema:</b>	
ESTÁNDAR	Compatible MPEG-2/DBV
DEMODULACIÓN	QPSK
CORRECCIÓN FEC	1/2, 2/3, 3/4, 5/6 o 7/8
<b>Sintonización:</b>	
TASA DE SÍMBOLO	1.0 a 45 M símbolos
NIVEL DE ENTRADA	-25 a -65 dBm por portador
RANGO DE FRECUENCIA	950-2150 MHz
SATÉLITES	Banda C y Ku
IMPEDANCIA	75 ohms
<b>Salida de video analógico:</b>	
NÚMERO DE CANALES	1
TIPO DE CONECTOR	RCA
DESCOMPRESIÓN DE VIDEO	MPEG-2 4:2:0
NIVEL	1.0 Vpp ± 10% en 75 ohms.
ESTÁNDAR DE VIDEO	NTSC & PAL
<b>Salida de audio analógico:</b>	
NÚMERO DE CANALES	1 par estéreo/2 mono
TIPO DE CONECTOR	RCA
DESCOMPRESIÓN DE AUDIO	MPEG o DOLBY DIGITAL
NIVEL DE SALIDA	Desbalanceado , 2 Vrms
<b>LNB</b>	Max. +13/+18 V a 350 mA

Fuente: <http://www.cableservicios.com/>

La vista frontal de estos equipos, son las siguientes:



(a)



(b)

**IMAGEN 9:** Receptor satelital

(a) Scientific Atlanta D9835, (b) CISCO D9865.

**Fuente:**

[http://afrts.dodmedia.osd.mil/tech\\_info/D9835/D9834\\_and\\_D9835\\_IO\\_Guide.pdf](http://afrts.dodmedia.osd.mil/tech_info/D9835/D9834_and_D9835_IO_Guide.pdf)

### 1.4.1.3 MATRIZ DE CONMUTACIÓN

Para llevar un control de las diversas señales audio/visuales procedentes de los equipos de captura y procesamiento, se organizan en bloques de conmutación con 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 o codificador,
- al monitor de vídeo y de sonido. 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 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, y,
- 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.

*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.

#### **1.4.1.4 SISTEMA DE GENERACIÓN DE CANAL LOCAL**

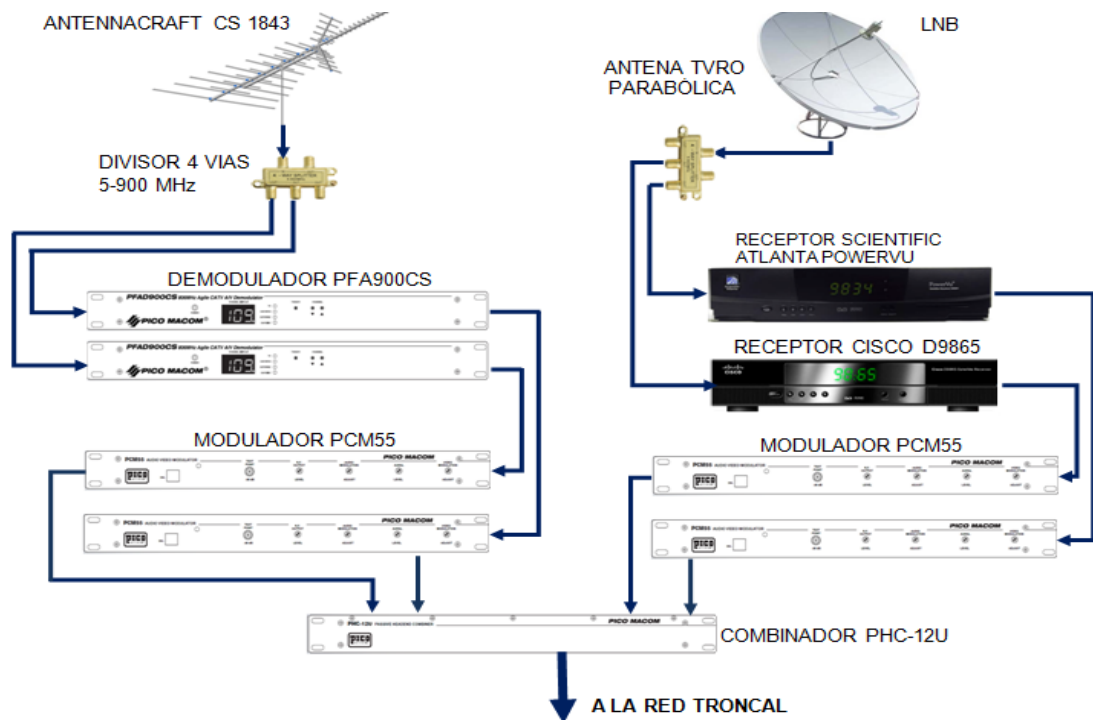
Son un conjunto de aparatos audiovisuales que están ubicadas en un estudio de televisión local con la finalidad de captura, grabación, edición y reproducción de imágenes que permiten la generación de programación con tendencia local. Un estudio de televisión consta básicamente de dos áreas de trabajo: grabación y control.

El área de grabación consta básicamente un espacio adecuado donde los talentos, modelos, presentadores y productores interactúan con la finalidad de realizar un programa de televisión, la adecuación del espacio de grabación se logra con el uso de una parrilla de iluminación elevada, un revestimiento aislante de la acústica, una puerta de acceso coronada por un luminoso indicador de si se está grabando o no, cámaras, micrófonos y numerosos sistemas de conexiones, tanto para los materiales técnicos como eléctricos.

El área de control integra el realizador y el personal técnico especializado en controlar el proceso de producción. Allí se encuentran también las subáreas de producción (lugar para dirigir el programa y acoge al realizador, al ayudante y el mezclador de vídeo), desde allí se dirige la iluminación, se cuida la calidad técnica de la señal de vídeo y se realizan procesos de intercalar imágenes pregrabadas; por ejemplo, en un informativo, los reportajes grabados en exteriores.

#### **1.4.1.5 SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE SEÑALES DE LA CABECERA DE MULTICABLE S.A**

Una vez recibida, ya sea por medio satelital, radiodifusión o a nivel local, cada una de las señales son moduladas y colocadas en un canal distinto, luego pasan a ser agrupadas en el combinador para formar la señal en radio frecuencia (RF) que se enviará a la Red Troncal (véase Imagen 10).



**IMAGEN 10:** Equipamiento de recepción, preparación y combinación de MULTICABLE

**Fuente:** diseño propio en Visio 2010 en base a la visita técnica a las instalaciones de la cabecera de MULTICABLE S.A.

### Demoduladores de televisión de canales terrestres.

Se encargan de la recepción de la señal hertzianas de televisión abierta y su paso a banda base. El modem permite la conversión de cualquier canal de entrada de RF a un canal de salida cualquiera en la banda 41-47 MHz en señales NTSC. Permite la mezcla y ecualización de los canales de entrada y de salida (Walter Ciciora et al, 2004:336-338).

En la cabecera de MULTICABLE S.A. opera un demodulador de canal ágil marca PICO/Macom PFAD-900cs para cada canal nacional capturada. Mismo que recupera la información original que lleva una señal portadora modulada en RF.

El PFAD-900cs emplea un microprocesador de sintonización ultrapreciso que permite seleccionar el canal deseado automáticamente desde un selector de canal ubicado en la parte frontal (ver Imagen 11). Acepta cualquier canal de VHF, UHF y CATV.



**IMAGEN 11:** Demodulador ágil PICO/Macom PFAD-900cs.

**Fuente:** <http://picodigital.com/index.php>

Este equipo cuenta con un control de frecuencia tipo PLL (phase-locked loop) el cual filtra y minimiza las interferencias por espurias de los canales adyacentes, además es ideal donde hay posibilidad de cambio de frecuencia de algún canal que requiera que el equipo sea velozmente ajustado para no perder la recepción. El circuito PLL tiene memoria no volátil contenido en el microprocesador el cual asegura una fácil restauración del canal en caso de un eventual corte de energía. Otras especificaciones técnicas se indican a continuación:

**TABLA 6:** Características de un demodulador PICO/Macom PFAD-900cs.

ESPECIFICACIÓN	VALOR
CANALES	2-13 VHF
	14-69 UHF
	2-125 CATV
NIVEL MÁXIMO DE ENTRADA	40dBmV*
CONEXIONES DE ENTRADA	75ohms tipo F-hembra
CONEXIONES DE SALIDA	600ohms RCA
ALIMENTACIÓN Y CONSUMO	110V, 60Hz, 10W

Nota: \*dBmV es una medición de Voltaje referidos a 1 mV en sistemas de 75 ohms

**Fuente:** <http://picodigital.com/index.php>

Un aspecto favorable para la recepción es la geografía del sector donde está ubicada la cabecera, de modo que no presenta ningún inconveniente en lo que a obstáculos se refiere, que afecte la línea de vista hacia las estaciones repetidoras ubicadas en el Cerro Cotacachi y el Cerro Blanco.

## Moduladores de señales audiovisuales.

La señal demodulada sea de origen satelital o hertziana se trasladan hacia los moduladores (Imagen 10), allí se realiza el proceso de adecuación de las portadoras de audio y video y convertirlas a radiofrecuencias (RF) para ser asignados en un canal que se adicionaran a las demás canales del plan de programación de la empresa.

Un canal es toda la información audiovisual contenida en un tamaño específico del espectro, sirve para poder colocar y enviar varios canales en una misma línea de transmisión, y después poder recuperarlos por separado sin que ellos se mezclen. En un canal de televisión estándar se maneja un formato de 2 portadoras, con información y modulación diferente en cada una, todo esto contenido en un ancho de banda de 6 MHz según el sistema internacional NTSC; el anexo 1 indica el rango de frecuencias destinadas a radiodifusión NTSC (Walter Ciciora et al, 2004: 342).

La portadora principal es llamada de imagen, se encuentra a 1.25 MHz del borde inferior del canal, tiene la función de contener toda la información de la imagen, también se usa para ubicar la posición del canal en espectro (Walter Ciciora et al, 2004: 342).

La segunda portadora se encuentra a 0.25 MHz del borde superior del canal y es de menor intensidad que la de imagen, es llamada la portadora de audio, ya que contiene el audio del canal (Walter Ciciora et al, 2004: 344).

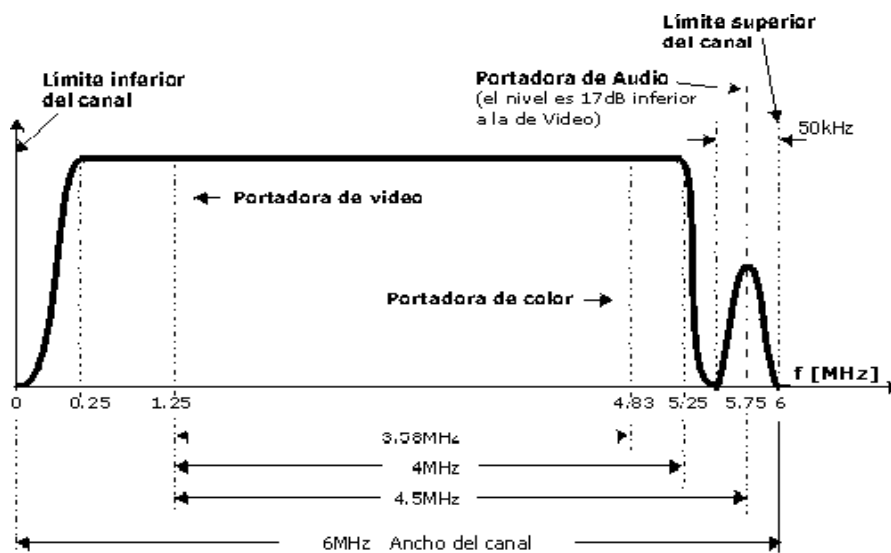


IMAGEN 12: Canal NTSC.

Fuente: <http://www.ramos.utfsm.cl/doc/568/sc/Cap2.doc>

Los moduladores están configurados de manera que cada salida está en la frecuencia solicitada, para que puedan ser combinadas todas ellas. La salida de los moduladores se dirige hacia la etapa de combinación final. En MULTICABLE se usan los Moduladores de canal fijo de marca PICO/Macom PCM-55 como se indica en la siguiente Imagen.



**IMAGEN 13:** Modulador de canal fijo PICO/Macom PCM-55

**Fuente:** <http://picodigital.com/index.php>

Los parámetros característicos de los moduladores PCM-55 se indican a continuación:

**TABLA 7:** Características de un modulador PICO/Macom PCM-55

ESPECIFICACIÓN	VALOR
CANALES	2-6 (VHFLow) y 7-13 (VHFHigh)
NIVEL DE SALIDA	45dBmV a 55dBmV ajustable
CONEXIONES DE ENTRADA	75 ohms F-hembra
CONEXIONES DE SALIDA	75ohms F-hembra
ALIMENTACIÓN Y CONSUMO	110V, 60Hz, 20W
CANALES	2-6 (VHFLow) y 7-13 (VHFHigh)
NIVEL DE SALIDA	45dBmV a 55dBmV ajustable

**Fuente:** <http://picodigital.com/index.php>

### **Combinadores de señales de televisión.**

Las señales RF moduladas se juntan en los combinadores para ser transmitidos por un solo cable, en el caso de MULTICABLE se emplean los combinadores pasivo PICO MACOM PHC-12U que se indica en la imagen siguiente:



**IMAGEN 14:** Combinador pasivo PICO/Macom PHC-12U

**Fuente:** <http://picodigital.com/index.php>

Este equipo es un combinador pasivo de alta calidad para 12 canales, tiene un rango de frecuencia de 5-890 MHz. Consta de dos filas de acopladores direccionales combinados por un divisor de híbrido. El acoplador direccional combinando proporciona un alto aislamiento (30 dB) entre las entradas. Normalmente, los canales impares se combinan en una fila (Picomacom, 2013: 1).

**TABLA 8:** Características de un combinador PICO/Macom PHC-12U

ESPECIFICACIÓN	VALOR
RANGO DE FRECUENCIA	5-890MHz
NIVEL MÁXIMO DE ENTRADA	42dBmV
NIVEL MÁXIMO DE SALIDA	55dBmV
CONEXIONES DE ENTRADA	75 ohms F-hembra x 12
CONEXIONES DE SALIDA	75 ohms F-hembra x 1
ALIMENTACIÓN Y CONSUMO	110V, 60Hz, 3W

**Fuente:** <http://picodigital.com/index.php>

Para la empresa MULTICABLE S.A. los combinadores organizan los canales en función a la banda asignado por los moduladores según la distribución sugerida por el estándar NTSC (véase anexo 1), los 42 canales que oferta la empresa se encuentran organizados según la tabla siguiente.

**TABLA 9:** Distribución en el espectro NTSC de canales que conforman la programación MULTICABLE.

CANALES	FRECUENCIAS (MHz)
BANDA BAJA VHF CH 2-6	55-88
BANDA ALTA VHF CH 7- 13	175-216
BANDA MEDIA UHF CH 14-22	121-174
SUPERBANDA CATV CH 23-36	216-300
HYPERBANDA CATV 37-41	300-330

Nota:\* reservado en casos de ofertar más de 100 canales

Fuente: <http://picodigital.com/index.php>

En el anexo 2.1 se enlista la cantidad de artefactos utilizados por cada departamento que estructuran la cabecera de red de la empresa MULTICABLE S.A.

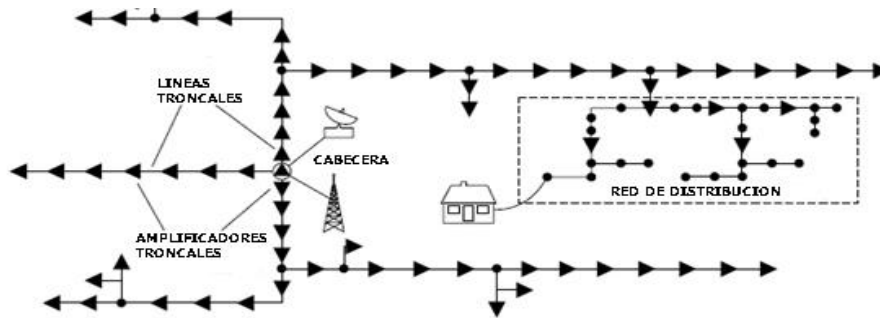
A la salida de los combinadores proporcionan la señal audiovisual en RF con programación televisiva de la compañía, para llegar al cliente estas señales viajan por un simple pero abundante equipamiento analógico interconectados entre sí mediante cable físico coaxial, formando la completa red coaxial de CATV.

#### 1.4.2 DIAGNÓSTICO DE LA RED TRONCAL DE MULTICABLE S.A

La red troncal constituye el cableado de cable coaxial de mayor diámetro, generalmente de ½ pulgada (RG500<sup>5</sup>), cuya función es transportar la señal RF con mínimas pérdidas hacia redes de distribución.

El cable coaxial o coaxil constituye el medio de transmisión por excelencia en una red de CATV, y existe un tipo adecuado para cada parte de la red, típicamente son trayectos aéreos de 300 a 500 metros, si se requiere extender el tendido troncal es necesario emplear equipos de amplificación tipo troncal y tipo puente, estos últimos se encargan de repartir la señal hacia las redes secundarias. La siguiente imagen muestra una red troncal tradicional.

<sup>5</sup> RG (Radio Guide en inglés) o Guía de Radio, es un término que data desde la segunda guerra mundial, cuando los militares hacían uso del cable coaxial.

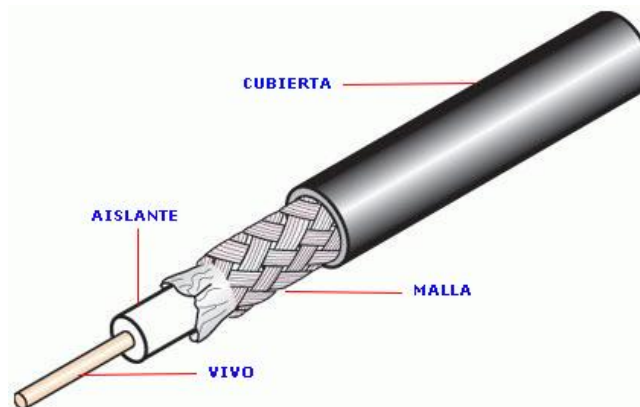


**IMAGEN 15:** Configuración estrella-árbol de la red troncal

**Fuente:** Fundamentals of Telecommunications, Roger L. Freeman, John Wiley & Sons, Inc. 2da. Edición.

### 1.4.2.1 CABLE COAXIAL

Se define como coaxial al cable que está formado por dos conductores concéntricos, como se muestra en la Imagen 16; el conductor central, es un cable sólido conocido como núcleo o vivo, el conductor externo se denomina malla o blindaje (shield), el conductor externo forma un cilindro separado del conductor interno por medio de un material dieléctrico, y todo este conjunto protegido por una cubierta.



**IMAGEN 16:** Partes del cable coaxial.

**Fuente:** <http://www.jossnetwork.infored.mx>

*Conductor central, núcleo o vivo:* Es la parte medular del cable coaxial, pues es por donde se transmiten la información en toda su longitud, la calidad del cable depende del material del que esté fabricado (cobre), para comunicaciones se recomienda el uso de cable coaxial cuyo vivo presente un alto grado de pureza, motivo por el cual la mayoría de cable coaxial está fabricado de cobre electrolítico sin alear, caracterizado por su excelente conductividad eléctrica y térmica, su pureza es superior al 99% y resistividad nominal a 20°C (Claudio Alfano, 2014: 129).



*Material aislante o dieléctrico:* El material dieléctrico define, a más del aislamiento, la capacidad del cable coaxial en cuanto a velocidad de transmisión y está formado básicamente de polietileno (plástico) compacto.

*Conductor externo:* El blindaje del cable coaxial se encuentra unido a tierra para proteger la trayectoria de la transmisión del ruido eléctrico, generalmente está fabricado de cobre y dispuesto en forma de trenza constituida por 16, 24 o 36 torceduras, con ángulos entre 30 y 45° (Claudio Alfano, 2014: 128).

*Cubierta externa:* La cubierta como las demás partes constitutivas, cumple una función esencial para su óptimo funcionamiento. Debe estar fabricado en material(es) que garanticen integridad de los componentes internos del cable coaxial, materiales resistentes a condiciones climáticas variables, canalización subterránea, humedad, etc.

El Cloruro de polivinilo (PVC) es el material más empleado como cubierta, pudiéndose modificar sus características en función de exigencias específicas (bajas o altas temperaturas, no propagación del incendio, resistencia a los hidrocarburos).

En las instalaciones aéreas para sostener el cable presentan un alambre o cuerda de acero paralelo al cable coaxial envolviendo los dos elementos, que conjuntamente con una cubierta de PVC o polietileno, forma un perfil de Imagen de "ocho". Es comúnmente conocido como "mensajero".

Es importante acotar, que el cable coaxial es útil para transmisiones en banda base y banda ancha.

El cable coaxial para transmisiones en banda ancha tiene una impedancia característica<sup>6</sup> de 75 ohms, y se la emplea para cubrir mayores distancias pero requiere amplificadores analógicos debido a la atenuación que se tiene en la señal. Son de mayor ancho de banda que el coaxial de banda base. Estos sistemas de banda ancha se dividen en múltiples canales para imagen, audio y trenes digitales de 3 Mbps (Walter Ciciora et al, 2004: 434).

El cable coaxial de banda base tiene una impedancia característica de 50 ohms, permite un mayor ancho de banda que el par trenzado y una alta inmunidad al ruido, es utilizado para transmisión digital. El cable coaxial se clasifica de acuerdo a su impedancia, diámetro o frecuencia.

---

<sup>6</sup> Es la relación tensión aplicada/corriente absorbida en longitud infinita. Un sistema que trabaja a máxima eficiencia, la impedancia del transmisor, la del receptor y la del cable deben ser iguales, de no ser así se producirán reflexiones que degradarán el funcionamiento del sistema. Los valores nominales para los cables coaxiales son 50, 75 y 93 Ohm.

**TABLA 10:** Características de c. coaxial RG500 Marca Claupet usado en la red troncal de MULTICABLE.

PARÁMETRO	VALOR
IMPEDANCIA	75 ohms
DIAMETRO (c. central/c. externo/aislamiento/mensajero)	3.1/13.0/12.0/2.77 mm
RESISTENCIA DE MENSAJERO	8.16 KgF
RADIO MIN. CURVATURA	15.2 cm
VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN	0.93c
ATENUACIÓN (dB/100m a 20°C)	1.83 a 55 MHz y 4.77 a 350 MHz

Fuente: <http://digishop.com.ec/>

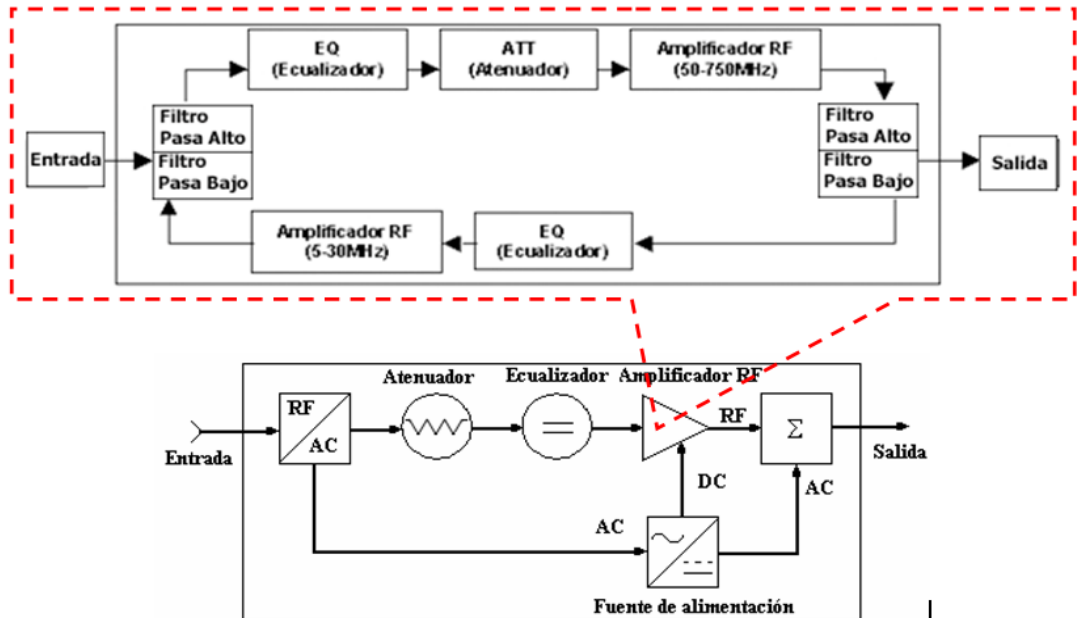
El cableado troncal de la empresa MULTICABLE emplea un sistema coaxial adecuado para tendido aéreo, para ello este tipo de cable presenta una triple sujeción (conductor central, protección y revestimiento), lo cual garantiza robustez y soporte de las tensiones en las instalaciones troncales de poste a poste (aproximadamente unos 40 metros de longitud), algunos de los parámetros a considerar para este tipo de cable se indican en la tabla anterior.

#### 1.4.2.2 AMPLIFICADORES TRONCALES DE CATV

A mayor alcance de la red requiere también el aumento de la longitud del cableado, A mayor longitud del cable surte efecto la atenuación, siendo éste el principal inconveniente en las conexiones cableadas, hecho que no es ajeno en el cable coaxial, que a pesar de las mejoras en su constitución y características eléctricas, la disminución de potencia de señal a largas distancias es inevitable. Para solventar estos problemas es necesario realizar procesos de compensación de las señales RF. En el caso del cable coaxial RG500 se siente en gran medida desde los 500 metros (en el anexo 3.1 se puede apreciar una tabla que resume las atenuaciones por cada calibre y frecuencia de operación de los cables coaxiales).

La red troncal utiliza amplificadores troncales de alta calidad, dispuestos en cascada entre segmentos de cable coaxial cuya función es compensar las pérdidas del cable, tal que el balance final de ganancias y pérdidas sea cero. Poseen un cierto consumo de energía, además de introducir ruido y distorsión.

Físicamente los amplificadores son estructuras impermeables, de fundición a inyección de aluminio y vienen provistos de ferretería de montaje, tanto para sujeción en poste o bien para ser suspendido en una rienda de acero portante. La disposición en cascada de amplificadores troncales puede estar constituido por 20 y 30 equipos en redes de gran capacidad y hasta 60 en redes de banda ancha (ANTEC, 2008: 8).



**IMAGEN 17:** Diagrama general de un amplificador troncal

Fuente: <http://catv.galeon.com/index.htm>

Casi todos los modelos de amplificadores disponen de una vía de retorno que consiste en tener amplificación normal y en sentido inverso; esta vía funciona a frecuencias más bajas comprendidas entre 5 y 52 MHz aproximadamente, permitiendo introducir información desde cualquier punto de la red de distribución hasta la cabecera (véase Imagen 17 parte superior).

En MULTICABLE, la totalidad de amplificadores minibridger son de tipo MB-750D-H de General Instrument (actualmente esta marca fue adquirida por Motorola) con niveles de salida entre los 37–47 dBmV y la ganancia entre 22 y 27 dBmV.

El amplificador MB-750D-H prevé hasta 4 salidas de distribución que permiten realizar bifurcaciones de la red troncal hacia otras líneas troncales o hacia redes secundarias.

### **1.4.2.3 ACOPLADORES DIRECCIONALES**

Las líneas coaxiales troncales difunden las señales RF por toda su longitud, de modo que es permitido realizar conexiones intermedias o bifurcaciones y dirigir las señales hacia otros sectores de la red CATV, de esta labor se encargan los acopladores.

El acoplador, en general, es un dispositivo pasivo direccional que separa la señal RF en una salida directa y salida derivada. Está formado por tres terminales, uno para la entrada de la señal, otro la transporta a la línea troncal y le da continuidad de la red, y el tercero deriva la señal a la red de distribución, y, en función a la cantidad de usuarios la atenuación de la salida pueden variar de 7, 9, 12 y 16 dB, siendo la de mayores valores aquellos que tienen derivaciones más próximos a clientes (Walter Ciciora et al, 2004: 472-473).

En situación en las que se requiere dividir las señales troncales en más de una salida, se aplican los splitters troncales que disponen como mínimo 2 salidas de derivación.

### **1.4.2.4 DIVISORES TRONCALES**

En la troncal de MULTICABLE existen splitters que disponen de 2 y 3 salidas, las características más sobresalientes a considerar son la capacidad de ancho de banda (5 – 1000 MHz), Impedancia de 75 ohms, atenuación típica de 3 dB por cada salida (Walter Ciciora et al, 2004: 475).

En el anexo 3.2 se pueden encontrar las atenuaciones típicas de cada salida en función a la frecuencia de operación.

### **1.4.2.5 FUENTES DE PODER**

Son aquellos que suministran el voltaje suficiente a los dispositivos activos de la red como son los amplificadores. Las fuentes de alimentación se colocan a intervalos de larga distancia, posterior al sexto amplificador contado a partir de la cabecera de red.

La entrada a la fuente de alimentación es de 120 V de corriente alterna, tomada de la línea de energía del servicio eléctrico. El voltaje de corriente continua, necesario para el funcionamiento de los amplificadores en la red troncal es de 24 V DC, obtenidos de transformara alimentación alterna que circula por la red coaxial.

En caso de cortes eléctricos, algunas fuentes de poder disponen de bloques acumuladores de carga, con dos baterías de 12 V, conectadas en serie para obtener los 24 V requeridos por los amplificadores. (Walter Ciciora et al, 2004: 479).

#### **1.4.2.6 DESCRIPCIÓN DE LA RED TRONCAL DE MULTICABLE S.A**

La red troncal de la empresa MULTICABLE S.A. comprende dos sectores bien definidos: red norte y red sur.

Específicamente, desde la cabecera de red ubicada en el barrio San Sebastián, parten dos líneas de cables troncales RG500, una de ellas destinada a cubrir el sector sur de la ciudad de Otavalo (ver Imagen 18) y la otra al sector norte (ver Imagen 19).

Respecto al sector al sur, el cableado RG500 requiere su primera amplificación a 350 metros de la cabecera con un amplificador MiniBridger ubicado en la intersección de las calles Roca y la Avenida Quito, este amplificador está etiquetada como MB 01 en la Imagen 18. La salida troncal permite la prolongación de la troncal ya que conecta el tramo de 300 metros hasta el próximo amplificador MB 02, mientras una de las salidas de distribución (RD 01) conecta las redes de distribución que abarca el sector de la terminal terrestre y el barrio Monserrath.

La línea troncal continúa hasta el amplificador minibridger MB 02 ubicado en la esquina de la calle Roca y Morales, éste es considerado como uno de los amplificadores centrales de la red, pues gran parte de la red troncal del sur de la ciudad se concentra en este equipo. Esta punto de la troncal ramifica la red troncal en dos tramos importantes: aquella que viaja por la calle Morales con dirección al oriente y el otro tramo se dirige en sentido contrario hacia los barrios centrales de la ciudad, además la salida restante reparte la señal hacia la red de distribución RD 02 dedicado a clientes de la calle Roca del barrio Central.

En la esquina de las calles Morales y Av. Atahualpa y a 50 metros del MB 02 se presenta un divisor troncal DT 01 de 1/3 vías. Por una de sus tres salidas permite la extensión de la troncal en sentido sureste por la Av. Atahualpa hacia el sector del mercado Copacabana. Las dos salidas restantes dirigen la señal hacia las redes de distribución RD 03 y RD 04 con la finalidad de dar cobertura al barrio La Florida.

El barrio Copacabana es atravesado por el segmento troncal de 365 metros y en la esquina de la Av. Atahualpa y la calle Juan Montalvo se dispone del amplificador MB 03, de donde parte un tramo de distribución destinado a cubrir el barrio Copacabana (RD 05). Este tramo troncal termina en el amplificador MB 04 a unos 410 metros del MB 03, cuya finalidad es dar el servicio al barrio San Blas (RD 06 y RD 07) al sur de la ciudad.

Por otro lado, el sector centro y occidente de la ciudad es cubierta por una cascada de amplificadores que inician en el MB 02. Así, una parte de los clientes del barrio Central recibe la señal desde un divisor troncal (DT 02) ubicado en la esquina de la calle Bolívar y Morales. La línea troncal continúa hasta el splitter DT 03 ubicada a 50 metros desde el divisor DT 02. Un aspecto a considerar es el tendido de cable en este sector pues, las redes de distribución RD 20 y RD 21 están cableadas en ductos subterráneos, debido a que la calle principal de Otavalo (c. Bolívar) es, desde hace 5 años, un sector libre de cables aéreos.

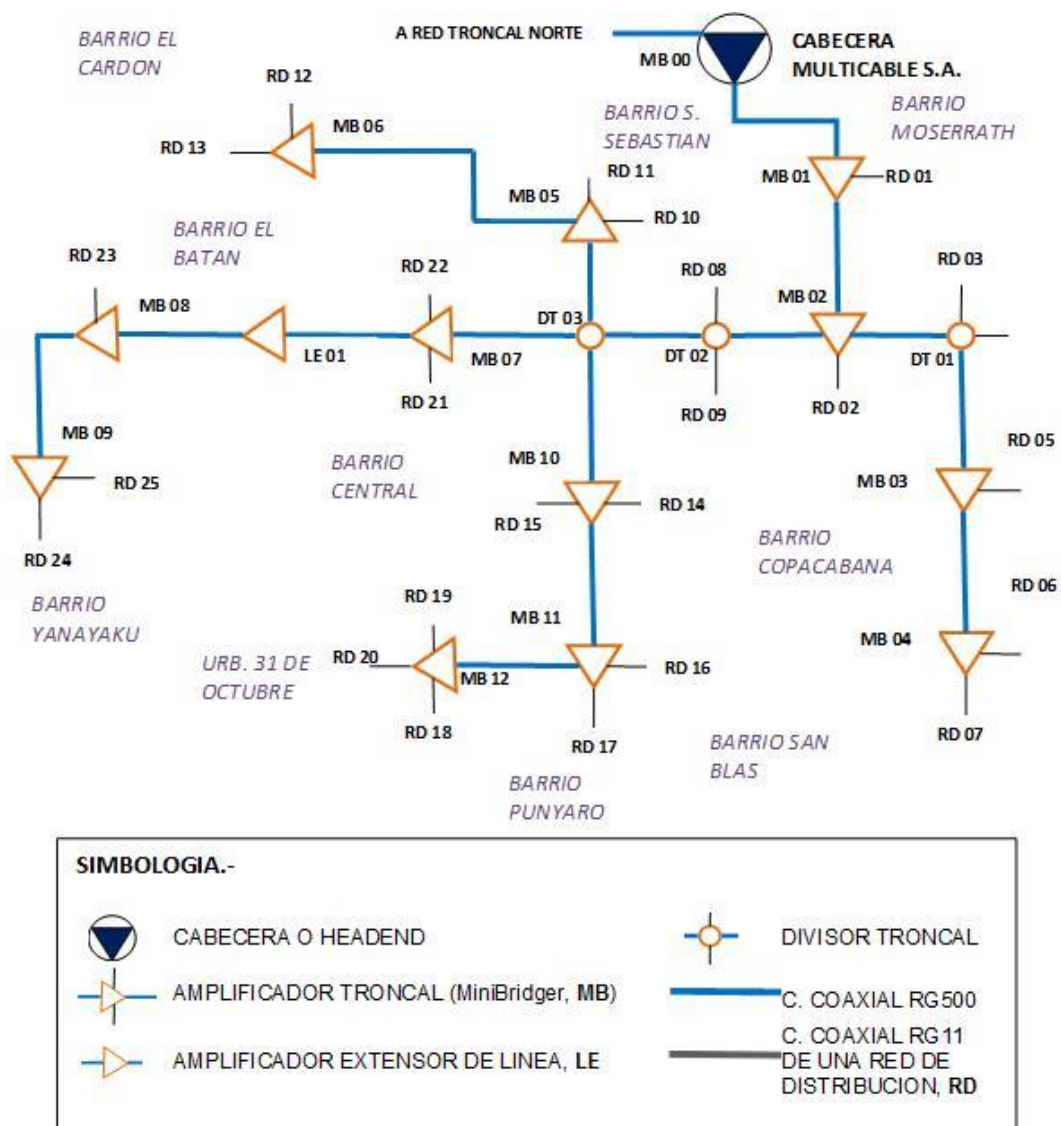
En la intersección de las calles Morales y Sucre existe un divisor DT 03 que realiza una bifurcación de la red troncal. Como se puede observar en la Imagen 20, este divisor DT 03 es el encargado de dividir tres extensiones de red troncal, un tramo troncal de 250 metros parte con dirección norte por la calle Sucre hasta el amplificador MB 05. Otro tramo troncal de 270 metros parte en sentido sur por la calle Sucre hacia el amplificador MB 10. Y un tercer tramo de 50 metros se dirige en sentido occidente hasta el amplificador MB 07.

El amplificador MB 05 otorga el servicio de cable al sector de la Plaza de los Ponchos (alimentando a las redes de distribución RD 10 y 11) y termina en el amplificador MB 06 cumpliendo un trayecto troncal de 270 metros. El MB 06 termina el tramo troncal de este sector, sin antes entregar las señales a las redes de distribución RD 12 y RD 13 correspondiente al barrio El Cardón. El MB 06 está ubicado en la esquina de las calles 31 de Octubre y Quiroga.

Por otro sector, en sentido sur la bifurcación se amplifica mediante el MB 10, cuyas salidas de distribución se encargan de dar el servicio a los habitantes del barrio central (RD 14 y 15), y la salida troncal dirige la señal a la continuación de la red troncal tendido sobre la calle Sucre que termina en la intersección con la calle Mejía donde se encuentra el amplificador MB 11. El cual tiene como función entregar el servicio de cable a los clientes del sector de las piscinas Sarañusta (RD 16, 17 y 18) y ramificar la troncal hacia el sector de El Bosna, hasta donde el cable coaxial recorre unos 380 metros y alimenta al amplificador MB 12. El sector occidental de Otavalo recibe la señal de cable desde el trayecto troncal que comprende 3 amplificadores minibridger, 1 amplificador extensor de línea y sus respectivas separaciones coaxiales RG500.

Esta parte de la red troncal inicia desde la división realizada por el splitter DT 03 ubicado en la esquina de la calle Sucre con la calle Morales y realiza una amplificación a la altura de la calle Modesto Jaramillo con un MiniBridger, MB 07, donde alimenta a las redes de distribución 21 y 22 del sector de el Batán, además garantiza la propagación de la troncal hasta intersección de la calle Morales con la av. Luis Cisneros en el sector del nuevo mercado a unos 250 metros desde el amplificador MB 07.

En este punto de la red se realiza la amplificación correspondiente, pero únicamente con el objetivo de dar paso a la señal, para ello se ha utilizado un amplificador extensor de línea, LE 01. A unos 200 metros del LE 01 se encuentra un amplificador minibridger (MB 08) para brindar el servicio a los clientes del condominio Portales de San Juan (RD 23) y de continuar la red troncal hasta entonces por la av. Luis Cisneros pero como esta calle termina en la panamericana al cruzar la red troncal continua por la calle Pedro Pérez vía a la capilla de San Juan. De esa manera, la señal amplificada en MB 08 viaja un trayecto de 350 metros hasta las cdlas. Yanayaku, al oeste de la ciudad. Allí se encuentra el último amplificador de este tramo troncal (MB 09).



**IMAGEN 18:** Esquema de la red troncal desplegada para el sector sur de la ciudad de Otavalo.

**Fuente:** diseño propio en Visio 2010 en base a visitas técnicas al cableado externo de MULTICABLE.

Finalmente, el amplificador MB 09 se encarga de distribuir a redes secundarias: RD 24 y RD 25, a cubrir el sector de la ciudadela Yanayaku primera y segunda etapa respectivamente. Toda la red troncal del sur de la ciudad está trazada en la imagen 18 y en detalle se puede observar en la gráfica de la red Troncal MULTICABLE en el Anexo 7.1.

De igual manera, respecto al sector norte de la ciudad de Otavalo, la red troncal desplegada está descrita en la Imagen 19, y en mayor detalle en el trazo en los planos del anexo 7.1. Donde, parte desde la cabecera, recorre una corta distancia por la calle Neptalí Ordoñez y se desvía por la calle sucre en sentido norte hasta la intersección con la panamericana, al cruzar se encuentra con el primer amplificador minibridger MB 13 a unos 420 metros de la cabecera. Este amplificador divide la señal hacia los trayectos de distribución RD 26 y RD 27, del sector de la Universidad de Otavalo. Además proporciona la señal amplificada al siguiente segmento troncal. Recorrido 390 metros desde el MB 13, se encuentra el segundo amplificador MB 14, el mismo que divide la señal hacia el noreste y noroeste de la ciudad. Además distribuye la señal a los clientes del sector del mercado Imbaya (RD 28).

La prolongación que se dirige hacia el noroeste atraviesa la cdl. Imbaya por la calle Pedro H. de la Reina, después de 360 metros se amplifica con el MB 15. Este amplificador cumple la función importante de ramificar la troncal en dos tramos de gran longitud, la primera con dirección hacia las urb. El Valle, María José y finalmente la cdl. Los Lagos, la segunda hacia la cdl. Jacinto Collahuazo primera Etapa. Además el MB 15 alimenta a la red de distribución que da cobertura al sector central de la cdl. Imbaya (RD 29).

Avanzado unos 200 metros del primer tramo troncal y antes de llegar al amplificador LE 02, se ubica un divisor troncal de 1/2 vías (DT 04) para brindar señal a la urbanización El Valle.

Continuando con el trayecto, a la altura de la intersección de la calle Pedro H. Reina y calle Gral. Bosmediano se encuentra un arreglo analógico formado por el amplificador extensor de línea LE 02 conectado inmediatamente por un divisor 1/3 vías (DT 05) con la finalidad de brindar el servicio a la urbanización María José, poblado hace pocos años.



Desde ese arreglo, la red troncal se extiende con dirección a la ciudadela Los Lagos, para lo cual el tendido de cable se desvía hacia la pana vía Selva Alegre. Recorrido poco más de 400 metros, el segmento troncal se amplifica con un extensor de línea LE 03, y la señal amplificada se extiende hasta la calle San Pablo de la ciudadela Los Lagos. En esa ubicación se encuentra un divisor de 1/2 vías (DT 06) que bifurca la señal hacia la red de distribución del sector de río Grande y al segmento troncal del sector central de los Lagos. El segmento troncal que parte desde el divisor DT 06 culmina con la amplificación (MB 16), lo cual permite dar cobertura a los clientes del sector central de la cdla. Los Lagos.

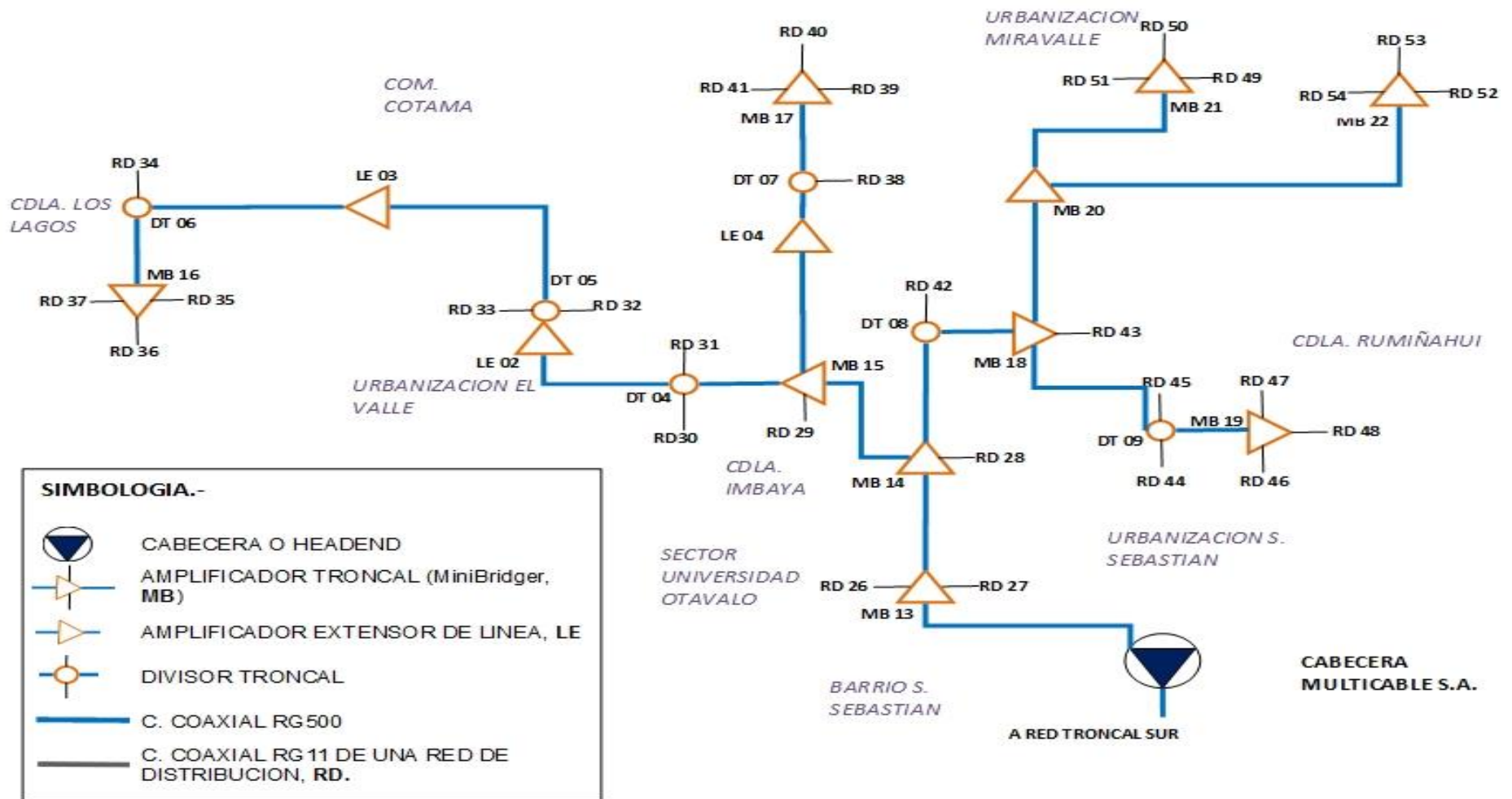
El segundo tramo coaxial que se origina en el amplificador MB 15, se dirige hacia la cdla. Jacinto Collahuazo primera Etapa. La señal se amplifica a 330 metros desde el MB 15, para ello se aplica un amplificador extensor de línea LE 04 a la altura del límite entre las cdlas. Imbaya y Collahuazo primera Etapa, posteriormente a unos 100 metros se divide la señal con un divisor de 1/2 vías (DT 07), una de salidas da continuidad al tramo troncal, mientras la otra alimenta las redes de distribución del sector de la gasolinera (RD 38).

La continuación de la red troncal se amplifica con un amplificador minibridger (MB 07) para dirigir la señal hacia las redes de distribución del sector central de la cdla. J. Collahuazo primera Etapa (RD 39, RD 40 y RD 41). Con esto se da culminado el trayecto correspondiente a la red troncal del noroeste de la ciudad.

Por otro sector, la red troncal dedicada al noreste de la ciudad parte desde el minibridger MB 14 ubicado en la cdla. Imbaya, el cableado RG500 bordea la cdla. Imbaya hasta llegar a un divisor de 1/2 vías (DT 08) donde una salida inserta la señal a la red de distribución del sector del parque infantil de la cdla. Imbaya, mientras la otra salida extiende la troncal unos 390 metros con dirección a la cdla. Rumiñahui. La red troncal que llega a la cdla. Rumiñahui es amplificada con el MB 18, mismo que realiza la división hacia el sector de Peguche.

Desde el amplificador MB 18 recibe la señal en la red redistribución RD 43 correspondiente al sector del Colegio Agropecuario, además despliega un segmento troncal en sentido oriente, este segmento mide poco más de 320 metros, después la señal es compensada por un amplificador MB 19 que alimenta las redes de distribución: RD 47 del sector del complejo judicial, la red RD 48 del sector de las rieles y el RD 46 correspondiente a la Cooperativa Manuel Córdoba Galarza y la cdla. Jacinto Collahuazo segunda Etapa.

Más al norte, a la altura de la Marmolera Otavalo, el segmento troncal que inicia en el amplificador MB 18 y viaja paralelo a la panamericana unos 500 metros, se amplifica por el MB 20, allí el tramo troncal se divide en dos direcciones: 500 metros hacia la Coop. Miravalle y 525 metros hacia Peguche, en cada uno de ellos se termina en un amplificador minibridger, MB 21 y MB 22 respectivamente. En Peguche el MB 22 provee de señal a las redes de distribución de los sectores del Hostal Aya Huma (RD 52, RD 53 y RD 54). Y el amplificador MB 21 alimenta las redes de distribución RD 49, RD 50 y RD 51 del sector del bosque de la Coop. Miravalle. A continuación se muestran cada uno de estos puntos analizados hasta el momento.



**IMAGEN 19:** Esquema de la red troncal desplegada para el sector norte de la ciudad de Otavalo.  
**Fuente:** diseño propia en Visio 2010 basada en visitas técnicas al cableado externo de MULTICABLE.

### 1.4.3 RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA MULTICABLE S.A

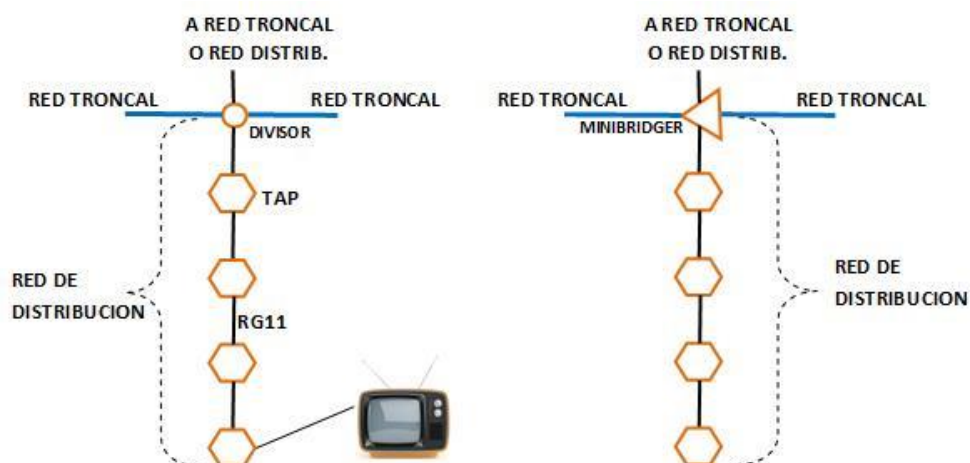
Las señales que viajan por la red troncal no desembocan en los receptores de los suscriptores directamente, para cumplir ésta labor las señales deben transitar a través de la red de distribución.

La red de distribución es la encargada, como su nombre lo indica, de distribuir las señales RF hasta la red de acometida del suscriptor. En la red de distribución el tipo de cableado predominante es el coaxial y los podemos ver en los tendidos de postes eléctricos, que viajan por toda la ciudad.

La línea de distribución inicia en los elementos repartidores de la red troncal, esto es, desde las salidas de los amplificadores minibridger o desde los repartidores troncales (splitters) ubicados en un punto de división del tramo troncal.

La empresa MULTICABLE presenta dos configuraciones de distribución: red de secundaria con una única línea de distribución, y red de distribución con múltiples líneas de secundarias, hasta 3 ramificaciones.

En el primer caso la red de distribución recorre un único trayecto (topología bus) de cable coaxial RG11 de un máximo de 300 metros desde un punto divisor de la red troncal, que puede ser una salida del amplificador minibridger o una salida de un divisor troncal. En dicha longitud están colocadas (cada de 40 metros, poste a poste) los elementos de derivación a la red de acometida denominado TAP, el cableado tipo bus la se puede observar en el gráfico siguiente:



**IMAGEN 20:** Puntos de partida de una red de distribución.

**Fuente:** diseño propio a partir de visitas técnicas al cableado externo de MULTICABLE S.A.

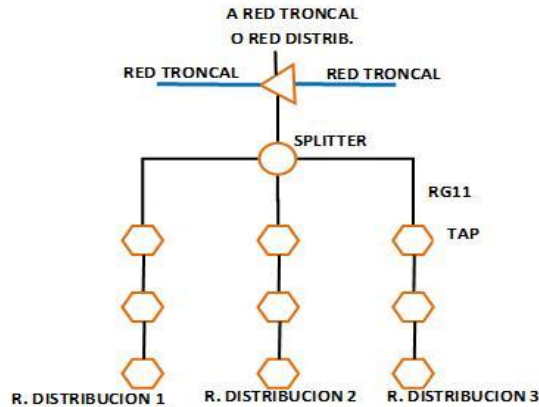
Este tipo de distribución se la encuentra en la mayoría de sectores que abarca la red de cable de la empresa MULTICABLE S.A., en el sector sur (ver Imagen 21) son las siguientes redes:

- Barrio La Florida (RD 03 y RD 04).
- Sector sureste del barrio San Blas (RD 06 y RD 07).
- Sector del parque González Suarez del barrio Central (RD 02).
- Calle Bolívar (RD 08 y RD 09).
- Sector del Bosna de la cdla. 31 de Octubre (RD 19 y RD 20).
- Sector de la Plaza de los Ponchos (RD 15).
- Barrio El Cardón (RD 10, RD 11, RD 21 y RD 22).
- Condominio Portales de San Juan (RD 23).

Al norte de la ciudad (ver Imagen 19), las redes de distribución organizadas en tramos tipo bus están las siguientes:

- Sector de la universidad de Otavalo (RD 26).
- Sector de la iglesia San Vicente de Ferrer de la cdla. Imbaya (RD 28).
- Sector centro de la cdla. Imbaya (RD 29 y RD 31).
- Sector de la gasolinera del la cdla. Jacinto Collahuazo 1 (RD 38 y RD 40).
- Urb. María José (RD 33).
- Cdla. Los Lagos (RD 34, RD 35 y RD 37).
- Sector del complejo Judicial de la cdla. Rumiñahui (RD 44, RD 45, y RD 47).
- Coop. Miravalle (RD 49, RD 50 y RD 51) y Barrio Peguche (RD 54 y RD 53).

El segundo caso, la red de distribución parte desde un equipo divisor, este tipo de cableado presenta varias ramificaciones formando una topología tipo árbol.



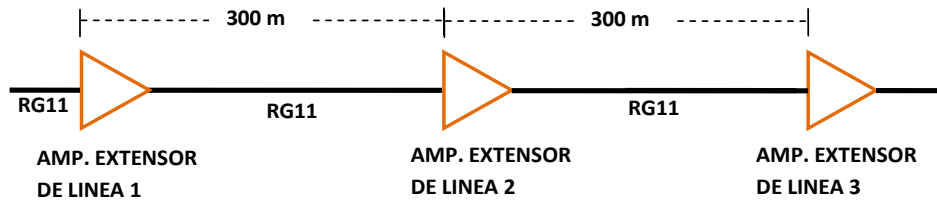
**IMAGEN 21:** Ramificación de una red de distribución a través de un splitter.

**Fuente:** diseño propio a partir de visitas técnicas al cableado externo de MULTICABLE S.A.

Los sectores de la red de la empresa (ver Imagen 18 y 19) que presenta este tipo de esquema son las descritas a continuación:

- Sector de la terminal Terrestre y el Barrio Monserrath (RD 01).
- Barrio Copacabana (RD 5).
- Barrio San Blas (RD 16).
- Sector piscinas Sarañusta de la cdla. 31 de Octubre (RD 17).
- Sector del Bosna de la cdla. 31 de Octubre (RD 18).
- Urb. San Sebastián (RD 27).
- Sector parque infantil de la cdla. Imbaya (RD 42).
- Urbanización El Valle (RD 30).
- Urb. María José (RD 32).
- Cdla. Los Lagos (RD 36).
- Cdla. Jacinto Collahuazo 1 (RD 39 y RD 41).
- Cdla. Rumiñahui (RD 43, RD 46 y RD 48).
- Barrio Peguche (RD 52).

Las redes de distribución de MULTICABLE comprende tramos de diferente longitud de cable coaxial RG11, la mayoría da cobertura a 3 cuadras, pero además existen sectores de mayor extensión, en ese caso se aplican los amplificadores extensores de línea o LINE EXTENDER cada 300 metros (Faustino Montes y Guillermo González, 2004: 6).



**IMAGEN 22:** Extensión de red de distribución en base a cascada de amp. Extensores de línea.

**Fuente:** diseño propio a partir de visitas técnicas al cableado externo de MULTICABLE S.A.

Las redes de distribución de MULTICABLE S.A. (como se la puede ver en a Imagen 18 y 19, en mayor detalle en el plano del anexo 7.1) que presenta amplificación en sus líneas de distribución son las siguientes:

- La RD 01, correspondiente al segmento que abarca el sector de la terminal terrestre, amplificado (LE 07) a la altura de las canchas deportivas del barrio Monserrath a 300 metros de punto troncal.
- La RD 02, correspondiente al segmento que recorre la calle Roca con dirección sur, amplificada (LE 05) en la intersección con la calle Juan Montalvo.
- La RD 09, segmento que recorre al sur por ductos soterrados de la calle Bolívar, amplificada (LE 06) a la altura del tradicional Hotel El Indio en el centro de la ciudad.
- La RD 26, que corresponde al tramo secundario del sector de la Universidad de Otavalo se amplifica a 290 metros desde el MB 13.
- En la RD 30, se amplifica a la altura urb. El Valle, con la finalidad de amplificar la señal repartida por el tramo troncal que atraviesa esta urbanización con dirección a la Cda. Los Lagos.

- La RD 46, segmento que parte desde el punto troncal de la cdla Rumiñahui, y es amplificada en dos ocasiones, la primera a la altura del límite entre la Coop. Manuel Córdoba G, y la cdla. Jacinto Collahuazo 2. La segunda al término de la cdla. Jacinto Collahuazo 2.
- Finalmente, la RD 53, que cubre el sector más alejado de la red MULTICABLE, se amplifica en dos ocasiones, la primera a la altura del estadio de Peguche, y la segunda amplificación en el barrio Santa Lucia a pocos metros antes de la intersección de la vía a Ilumán y la vía a Quinchuquí.

Una vez analizado los diferentes modos de distribución se continúa con el detalle de los elementos que interviene en la red distribución.

#### **1.4.3.1 CABLE COAXIAL DE DISTRIBUCIÓN**

El cableado de la red de distribución está comprendido en su totalidad por un cable coaxial más delgado que el RG500. El tipo de cable coaxial que se emplea para este sector de la red de MULTICABLE es el RG11. Es un cable coaxial de conductor de cobre, aislado en PE (polietileno) compacto. Mejorado a interferencias con blindaje de malla de Cobre. Presenta además una cubierta externa de PVC negro, resistente a la intemperie y los rayos UltraVioletas.

El tendido se la realiza a través de postes, para lo cual, el RG11 viene con un sistema de sujeción para el cableado aéreo, como en el caso del cable RG500, presenta un mensajero.

La continuidad de un tramo coaxial en cualquiera de las redes que constituyen el sistema de CATV se debe a los conectores y adaptadores especiales, existe una amplia gama de ellos, en el anexo 7.1 se indica los más usados en la empresa MULTICABLE S.A.

#### **1.4.3.2 AMPLIFICADOR EXTENSOR DE LÍNEA, LINE EXTENDER**

Cada 300 metros aproximadamente es necesario emplear amplificadores extensores de línea (LE), logrando, como su nombre lo indica, extender las líneas de distribución. Para dicho cometido, en MULTICABLE S.A. están instalados los amplificadores line extender de la marca General Instruments JLX-7-750P/LC, los mismos que presentan casi todas las características de los amplificadores troncales, a excepción de la cantidad de puertos o salidas, pueden tener dos puertos, o, son simplemente son amplificadores de paso.



Las líneas de distribución de la red de MULTICABLE contienen los equipos derivadores de señal desde la red de distribución, para ello se disponen de artefactos pasivos que reparten el servicio de televisión por cable hacia el domicilio del cliente, como se mencionó anteriormente estos artefactos se llaman TAPs.

### 1.4.3.3 DERIVADORES O TAP

Generalmente en la red de MULTICABLE se encuentran en los postes por donde recorre una línea de distribución que cubre cierto sector de un barrio o ciudadela.

Los derivadores que se usan en la empresa son aquellos modelos que disponen de 4 u 8 salidas de acometida, físicamente estos equipos se las puede encontrar tal como se indica en la siguiente imagen:



**IMAGEN 23:** Derivadores empleados para la distribución en MULTICABLE S.A.

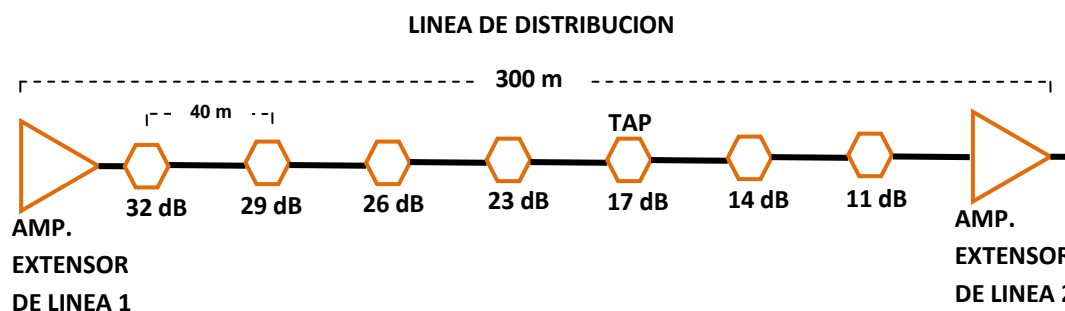
(a) Tap de 4 salidas y (b) tap de 8 salidas.

**Fuente:** <http://digishop.com.ec/>

Estos equipos son estructuras herméticamente cerrados, su carcasa es de aluminio reforzado, además está recubierta de pintura impermeable, ideales para instalaciones aéreas. Trabajan en un Rango de frecuencia de 5 a 1000 MHz (Roger Freeman, 2012: 453).

Un aspecto importante a considerar es la atenuación de entrada, ya que por ejemplo un TAP de 8 salidas no se la puede colocar indistintamente en cualquier trayecto de la red de distribución. Para ello cada TAP, ya sea de 4 u 8 salidas, presentan modelos de diferente atenuación de entrada, los más comunes son de 32, 29, 26, 23, 17, 14, 11 dB (Roger Freeman, 2012: 454).

Normalmente, cada segmento de distribución tiene una serie de derivadores de diferente atenuación, ubicadas cumpliendo el siguiente principio: el TAP de mayor atenuación se la coloca primero a una distancia muy corta desde punto amplificado, mayormente se encuentra en el mismo poste donde está instalado un extensor de línea. La manera como se disponen los TAP en un segmento de distribución extenso se indica a continuación.



**IMAGEN 24:** Ubicación de los TAP en un segmento de distribución con amplificación.

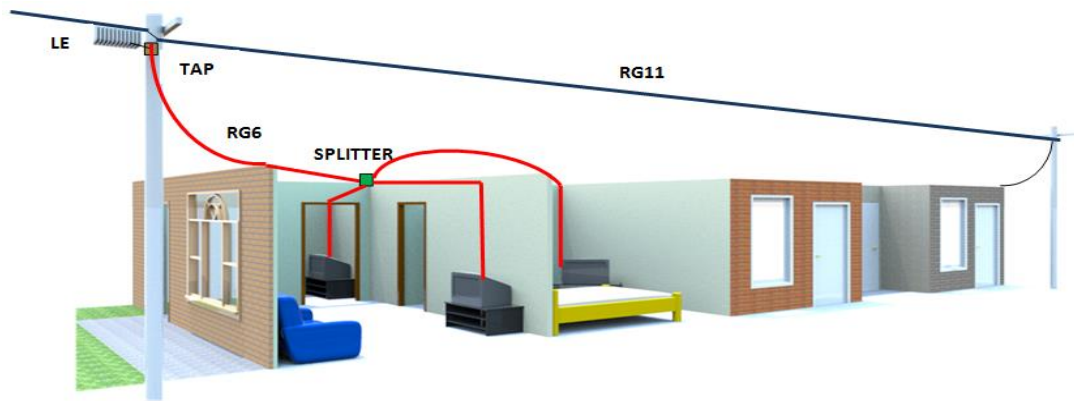
**Fuente:** diseño propio en Visio 2010 basado en líneas de distribución del cableado externo de MULTICABLE S.A.

#### 1.4.4 ACOMETIDA DE LOS CLIENTES DE LA EMPRESA MULTICABLE S.A

La Red de acometida o abonado, es aquella que parte desde un derivador hasta la entrada coaxial del televisor del cliente, generalmente La red de acometida conforma el cableado con cable coaxial RG6 que inicia en uno de los puertos "F" del derivador más cercano hasta el televisor del abonado.

La distancia máxima que recorre el cable RG6 en Multicable es de 50 metros, mayor longitud no es recomendable, debido a la atenuación que a esa distancia se encuentra a 6 dB (más valores de atenuación en el anexo 3.1).

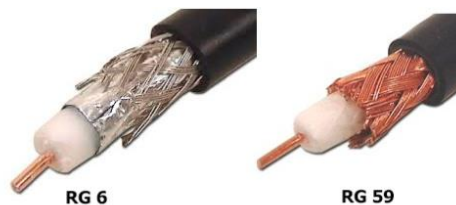
Además un cliente puede solicitar la conexión a más televisores, para lo cual se forma una pequeña red interna, la cual consta básicamente de un divisor o splitter y los tramos de cable RG6 hasta los televisores en los diferentes departamentos de la vivienda.



**IMAGEN 25:** Instalación domiciliar de CATV en MULTICABLE S.A.

**Fuente:** diseño propio en Sweet Home 3D en base a una típica instalación domiciliar en MULTICABLE S.A.

Los cables RG 6 son de 6,9 mm de diámetro, mientras que los cables RG 59 son más delgados, con un diámetro de 6,15 mm. Los cables RG 6 consisten en cobre desnudo, cinta de poliéster de aluminio y cobre con estaño. Los cables RG 59 consisten en plata cubierta de cobre y cobre desnudo. La acometida del cliente no necesariamente puede terminar en un televisor, sino de la misma salida del tap se la puede subdividir para 2, 3, 4, 5 televisores dentro de una misma vivienda. Esta función se encarga los splitters o divisores (Luis Sánchez, 2012: 27).



**IMAGEN 26:** Cable Coaxial de acometida.

**Fuente:** <http://digishop.com.ec/>

#### 1.4.5 DIAGNÓSTICO DEL SERVICIO OFERTADO POR MULTICABLE S.A

La empresa MULTICABLE S.A., como un proveedor de servicio, mantiene lineamientos de calidad bien establecidos tanto en servicio como en atención al cliente con el fin de brindar un servicio excelente en cantidad y calidad, para ello el departamento administrativo envía reportes trimestrales de índices de calidad y usuarios hacia la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador.

En cumplimiento del Art 45 del Reglamento de Audio y Video por Suscripción (Resolución No. RTV-816-CONATEL-2010), en el Artículo 6 de la Norma Técnica para el Servicio Analógico de de Audio y Video por Suscripción (Resolución No. 4771-CONARTEL-2008), y, en el respectivo contrato de autorización para la explotación de servicios de audio y video por suscripción (Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador [SUPERTEL], 2012).

Por otra parte, desde un inicio el cliente recibe un trato amable, dentro de un ambiente de total confianza y cordialidad, lo que en gran parte ha permitido garantizar la fidelidad de sus clientes y mantenerse en el mercado cada vez más competitivo, en la tabulación de las encuestas del capítulo 2 permite afianzar la afirmación respecto al nivel de aceptación del servicio que la empresa en mención brinda a sus clientes.

La solicitud de instalación es ejecutada en un lapso de dos horas máximo, y además la labor de instalación no tiene costo alguno. El cliente cancela un valor adicional por la cantidad de materiales que se ocupan en la instalación, generalmente se registra la longitud del cable, y los conectores.

Una vez instalado pasa a formar parte de los cientos de otavaleños que disponen del servicio de cable de la empresa Multicable S.A. con un plan de 41 canales de televisión, que consta de una variada programación nacional y extranjera. Respecto a alguna consulta o inconveniente, MULTICABLE S.A. dispone de del call center 593 06 2 923 213 habilitado las 24 horas, a su vez por el mismo medio el personal de la empresa recibe las solicitudes de instalación y reparación de averías.

**TABLA 11:** Programación de la empresa Multicable S.A.

<b>Nro.</b>	<b>CANAL</b>	<b>NOMBRE DEL CANAL</b>	<b>PROGRAMACIÓN</b>
1	2	Boomerang	Juvenil
2	3	RTS	Nacional
3	4	TNT	Películas
4	5	Discovery Kids	Infantil
5	6	Gama TV	Nacional
6	7	Ecuador TV	Nacional
7	8	TC television	Nacional
8	9	TV Norte	Regional
9	10	Discovery Channel	Ciencia
10	11	Ecuavisa	Nacional
11	12	Canal Uno	Nacional

Nro.	CANAL	NOMBRE DEL CANAL	PROGRAMACIÓN
12	13	Teleamazonas	Nacional
13	14	TeleAntioquia	Variada
14	15	TeleNovelas	Entretenimiento
15	16	ESPN	Deportes
16	17	CNN en Español	Noticias
17	18	FOX Sports	Deportes
18	19	Claro Sports	Deportes
19	20	National Geographic	Ciencia
20	21	Movie World	Películas
21	22	EWTN	Región
22	23	RTU	Nacional
23	24	FOX life	Entretenimiento
23	24	FOX life	Entretenimiento
24	25	Cine Latino	Películas
25	26	FOX Sports 2	Deportes
26	27	TeleVen	Variada
27	28	SPACE	Películas
28	29	Telesur	noticias
29	30	Infinito	Entretenimiento
30	31	Enlace TBN	Religioso
31	32	TCM	Películas
32	33	ESPN+	Deportes
33	34	Antena 3	Entretenimiento
34	35	Multipremier	Películas
35	36	Canal de las estrellas	Entretenimiento
36	37	FX	Entretenimiento
37	38	Ritmo Son Latino	Musical
38	39	FOX Channel	Entretenimiento
39	40	De Pelicula	Películas
40	41	Animal Planet	Familiar
41	42	Cartoon Network	Infantil

**Fuente:** departamento de ventas de la empresa MULTICABLE S.A.

Una vez receptado el reporte de avería de un cliente en particular, el grupo operativo realiza la correspondiente visita técnica para dar una solución en un lapso de un par de horas. Mientras tanto, si el daño involucra un sector de la red que abastece a un gran número de familias, el departamento técnico brinda soporte inmediato.

Desplegando un plan de contingencia (detección de la avería, diagnóstico del problema, reparación y/o cambio de equipos y pruebas de funcionamiento).

El departamento técnico, como se indica en el organigrama al inicio de la descripción de la empresa MULTICABLE S.A., está conformado por los técnicos Sr. Abel Simbaña y Sr. Franklin Simbaña. El Sr. Abel Simbaña es técnico en jefe de la empresa tiene gran experiencia en redes CATV y forma parte de la empresa desde sus inicios por lo que conoce toda los puntos de la red, que es una gran ventaja al momento de brindar una solución inmediata. Respecto a la cantidad de canales de programación, la tabla 11 enlista el contenido que los clientes reciben en sus receptores.

## **1.5 DETECCIÓN PUNTOS VULNERABLES EN LA RED DE MULTICABLE S.A**

Si bien es cierto, que la red actual es suficientemente estable difundiendo señales analógicas y que la extensión de cobertura resulta únicamente en prolongar la cascada de amplificadores, al intentar insertar otro tipo de servicios digitales, como IPTV, la red queda obsoleta, sobre todo la cabecera de red que maneja señales totalmente analógicas. A pesar de ello, ciertos segmentos de la red, en especial la planta externa (red troncal y de distribución) pueden convivir con tecnologías actuales, por ende el presente proyecto propone una solución híbrida entre fibra óptica y cable coaxial (HFC) para la distribución de contenidos telemáticos integrados por cable.

Esta parte del trabajo determina el estado de la red actual coaxial respecto a la atenuación y potencia de la señal en cada tramo, antes se analiza algunos inconvenientes que se pueden encontrar en líneas coaxiales de televisión por cable.

Entonces, el servicio de televisión que llega al usuario puede sufrir alteraciones que afecten la calidad de la imagen que el suscriptor observe en el televisor. Esto ocurre debido a algún inconveniente en el proceso de transporte de la señal. Bajo este concepto, una red de catv tiene un rendimiento óptimo si está en capacidad de transportar en cantidad y calidad de señal desde la cabecera hasta el receptor del suscriptor.

En cuanto a la potencia de la señal, un factor que limitante es la atenuación del cable, mientras la calidad de señal depende de las distorsiones que puede sufrir al utilizar equipos de activos para amplificar las señales débiles.

### 1.5.1 ATENUACIÓN EN LOS ENLACES COAXIALES DE LA RED DE TELEVISIÓN POR CABLE

En redes de CATV la atenuación es la cantidad de pérdida de potencia de la señal debido a la distancia, la atenuación en el cable crece al incrementarse la frecuencia. Varía además, en función de la temperatura (20°C, nominal) y la cantidad de componentes intermedios que se utilizan para repartir y/o unir una sección coaxial. Además, la atenuación afecta en mayor medida a aquellas señales que viajan por frecuencias más altas en el mismo cable por donde viajan señales de frecuencias bajas (Salomón Álvarez, s.f.:84).

La empresa MULTICABLE S.A. ocupa la frecuencia de 55 MHz por donde viaja el canal más bajo (canal 2) y 330 MHz que transporta el canal más alto, así que, para el tramo entre los amplificadores MB00 y MB01 el cable coaxial recorre una distancia de 350 metros, sin divisores intermedios y tomando datos de fábrica del cable RG 500 (atenuación de 4.77 dB/100m a 330 MHz) la atenuación total equivale a (Roger Freeman, 2012: 448):

$$A_{RG500} = \text{longitud total}_{RG500} * \text{dB}/\text{m}_{\text{frec.}}$$

$$A_{RG500} = 350\text{m} * 4.77\text{dB}/100\text{m}; \text{ A } 330 \text{ MHz}$$

$$A_{RG500} = 16.695 \text{ dB}$$

Para una frecuencia de 55 MHz, resulta:

$$A_{RG500} = 350\text{m} * 1.83\text{dB}/100\text{m} = 6.405 \text{ dB}$$

Los valores de fábrica de atenuación de los diferentes tipos de cable coaxial respecto a la frecuencia de operación se encuentran en el anexo 3.1.

Respecto al tramo troncal con mayor inconveniente de atenuación es aquel que conecta los amplificadores LE 03 y MB 16, con un 27.3 dB de atenuación a 510 metros de longitud. Este tramo está ubicado en el sector noroeste de la red troncal (ver Imagen 19) y alimenta a las redes de distribución de la ciudadela Los Lagos a pesar de que hay tramos RG500 poco más extensos, este tramo presenta problemas de señal, debido sobre todo a la distancia extensa, el divisor intermedio que atenúa 3.5 dB adicionalmente y al amplificador de poca ganancia (LE 03, ganancia 25.5 dB) de donde desemboca la señal.

Por parte de la red de distribución se presentan algunos inconvenientes de atenuación elevada, así, el tramo de distribución que recorre por la calle Roca casi 4 cuadras (350 metros) en el barrio Central presenta la mayor atenuación 32.55 dB, debido a la distancia (inicia en el amplificador LE 05 y termina en el PT 06) y los 5 derivadores intermedios. Si se pretende instalar más cantidad de derivadores u extender la red, es recomendable instalar un amplificador extensor a una distancia de 300 metros a partir del LE05 (ver anexo 7.1 para ubicar las diferentes redes).

Otro tramo coaxial RG11 que presenta problemas de atenuación es aquella distribuye la señal para el sector norte de la ciudadela Rumiñahui presenta 30.76 dB de atenuación, puesto que la distancia de 340 metros desde la fuente en el amplificador minibridger MB 18 hasta Punto de Terminación (PT 75) sobrepasa los valores recomendados ( $\leq 300$  m), además se emplea un divisor en el trayecto que a su vez suma la atenuación. En este caso la cantidad de HP (hogares pasados, suscriptores) es de 1 familia y están conectados al TAP de mínima pérdida (11 dB de salida) y la distancia del Tap al cliente no debe sobrepasar más de 20 metros.

Para mayor detalle revisar el anexo 4.4 donde se indica las atenuaciones por cada línea troncal.

### 1.5.2 RELACIÓN PORTADORA A RUIDO (C/N)

La Relación Portadora a Ruido (CNR o C/N) es la relación o proporción que existe entre la portadora de la señal y el ruido en un ancho de banda determinado. Es una medición que permite conocer qué tan cerca se encuentra el ruido de la señal que se desea transmitir en una porción del espectro. La C/N se manifiesta en la pantalla del tv como nieve o lluvia.

Para una sección troncal compuesta con una cascada de amplificadores la CNR al final de los amplificadores involucrados resunta de la siguiente fórmula (Roger Freeman, 2012: 450):

$$CNR_S = -10\log_{10}\left(10^{\frac{-CNR_1}{10}} + 10^{\frac{-CNR_2}{10}} + 10^{\frac{-CNR_3}{10}} + \dots + 10^{\frac{-CNR_n}{10}}\right)$$

Donde;

**CNRS:** Relación Portadora a Ruido resultante al final de la cascada

**CNRn:** Relación Portadora a Ruido de cada uno de los amplificadores.



Para el CNR de un sólo amplificador se utiliza la siguiente fórmula (Roger Freeman, 2012: 450):

$$\text{CNR} = \text{nivel de salida del amplificador} - (-59.2 + \text{NF} + \text{ganancia amplificador})$$

Donde;

**CNR:** Relación Portadora a Ruido

**NF:** Imagen de ruido del amplificador (especificada por el fabricante)

**- 59.2:** Constante (ruido térmico en un ancho de banda de 4 MHz)

**Ganancia del amplificador:** especificada por el fabricante.

En función a la sección 1.4.2.6, la totalidad de amplificadores utilizados en la troncal de la empresa MULTICABLE S.A. es de tipo minibridger 750D-H, por tanto según las especificaciones de fábrica, se tiene el valor de la figura de ruido  $\text{NF} = 11.5 \text{ dB}$ , una ganancia de  $36 \text{ dB}$ , constante de ruido térmico igual a  $-59.2 \text{ dB}$ . Y los niveles de salida de cada amplificador se especifican en el anexo 4.2, de donde para MB 00 se tiene  $44.01 \text{ dBmV}$  de salida.

Con las consideraciones anteriores, la CNR para la sección troncal desde la cabecera hasta el barrio San Blas (5 amplificadores MiniBridger involucrados) son:

$$\text{CNR}_{\text{MB00}} = 44,01 - (-59.2 + 11.5 + 36) = 55.70 \text{ dB}$$

$$\text{CNR}_{\text{MB01}} = 40.37 - (-59.2 + 11.5 + 36) = 52.07 \text{ dB}$$

$$\text{CNR}_{\text{MB02}} = 46.18 - (-59.2 + 11.5 + 36) = 57.88 \text{ dB}$$

$$\text{CNR}_{\text{MB03}} = 42.56 - (-59.2 + 11.5 + 36) = 54.26 \text{ dB}$$

$$\text{CNR}_{\text{MB04}} = 48.78 - (-59.2 + 11.5 + 36) = 60.48 \text{ dB}$$

Por lo tanto, la CNR del tramo coaxial desde la cabecera al barrio San Blas resulta:

$$\text{CNR}_{\text{S1}} = -10\log_{10} \left( 10^{\frac{-55.7}{10}} + 10^{\frac{-52.07}{10}} + 10^{\frac{-57.88}{10}} + 10^{\frac{-54.26}{10}} + 10^{\frac{-60.48}{10}} \right) = 48.18 \text{ dB}$$

El resultado de la relación del nivel de la portadora de vídeo con respecto al ruido del sistema no debe ser menor a 43 dB<sup>7</sup> (Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos de América [FCC], 2011: párr. 18).

A continuación la tabla siguiente resume la CNR de todos los tramos que conforman la red troncal (ver Imagen 18 y 19 para referencia de la red troncal de MULTICABLE S.A.).

**TABLA 12:** Niveles de calidad por cada tramo coaxial de la red troncal  
MULTICABLE S.A.

Nro.	AMPLIFICADORES INVOLUCRADOS	CNR (dB)	CSO (dB)	CTB (dB)
1	MB00, MB01, MB02, MB03 y MB04	48.18	51.03	52.92
2	MB00, MB01, MB02, MB05 y MB06	48.48	50.47	51.26
3	MB00, MB01, MB02, MB07, LE01, MB08 y MB09	44.23	51.58	52.44
4	MB00, MB01, MB02, MB10, MB11 y MB12	45.05	51.19	52.13
5	MB00, MB13, MB14, MB15, LE02, LE03 y MB 16	45.86	50.58	51.06
6	MB00, MB13, MB14, MB15, LE04 y MB 17	45.48	52.97	52.89
7	MB00, MB13, MB14, MB18 y MB 19	45.60	54.13	54.56
8	MB00, MB13, MB14, MB18, MB20 y MB 21	45.63	51.01	51.78
9	MB00, MB13, MB14, MB18, MB20 y MB 22	45.49	51.23	52.63

**Fuente:** elaboración propia

En conclusión, los niveles de portadora de vídeo respecto al ruido en los diferentes tramos troncales son aceptables (CNR >43dB), por lo que las portadoras de vídeo de los 41 canales que conforman la programación de MULTICABLE S.A. viajan en óptimas condiciones en la red troncal.

### 1.5.3 DISTORSIÓN DE COMPONENTES DE SEGUNDO ORDEN (CSO)

Las distorsiones compuestas son alteraciones producidas cuando todas las frecuencias pasan a través del amplificador; a más frecuencias presentes en un amplificador, más combinaciones de distorsión se producen. Pueden llegar a ser un factor limitante en sistemas que portan 60 o más canales pues el CSO afecta las imágenes causando líneas diagonales molestas.

<sup>7</sup> Especificaciones para rendimiento óptimo de una red de televisión por cable según la FCC: CNRs >=43db, CSOs y CTBs >=51dB. De acuerdo con la norma 76.605(a) literal (7). Fuente <http://transition.fcc.gov/mb/engineering/605.html>

Para calcular el CSO al final de la cascada de amplificadores, es primordial conocer el CSO a la salida de cada uno de los amplificadores que la conforman. Para conocer el CSO de un solo amplificador resulta de la siguiente fórmula (Pearson, 2012: 49):

$$CSO = CSO_{ref} - (\text{nivel de salida} - \text{nivel de referencia})$$

Donde:

**CSO:** Batidos de Segundo Orden a la salida del amplificador.

**CSO<sub>ref</sub>:** Batidos de Segundo Orden especificados por el fabricante.

**Nivel de salida:** dBmV de salida de cada amplificador.

**Nivel de referencia:** dBmV de salida especificado por fabricante.

Entonces al final de una cascada (tramo troncal), el CSO total equivale a desarrollar la siguiente fórmula (Pearson, 2012: 49):

$$CSO_S = -15 \log_{10} \left( 10^{\frac{-CSO_1}{15}} + 10^{\frac{-CSO_2}{15}} + 10^{\frac{-CSO_3}{15}} + \dots + 10^{\frac{-CSO_n}{15}} \right)$$

Donde:

**CSO<sub>s</sub>:** Batidos de Segundo Orden totales (al final de la cascada de amplificadores).

**CSO<sub>n</sub>:** Batidos de Segundo Orden a la salida de cada amplificador.

Por ejemplo, el tramo troncal que alimenta el barrio San Blas consta de 4 minibridger (MB 01, MB 02, MB 03 y MB 04), por ende los cálculos deben direccionarse primero a cada uno de ellos, por lo que, recurriendo a los datos de fábrica del amplificador en cuestión Mb750dh (CSO<sub>ref</sub>=59 dB) y nivel de salida de 47 dBmV, además del registro de real salida (44,01 dBmV) en el amplificador MB 00 (los registros de niveles de salida para cada amplificador están expuestos en la tabla del anexo 4.2) el CSO por cada amplificador equivale a:

$$CSO_{MB00} = 59 - (44.01 - 47) = 61.99 \text{ dB}$$

$$CSO_{MB01} = 59 - (40.37 - 47) = 65.63 \text{ dB}$$

$$CSO_{MB02} = 59 - (46.18 - 47) = 59.82 \text{ dB}$$

$$CSO_{MB03} = 59 - (42.56 - 47) = 63.44 \text{ dB}$$

$$CSO_{MB04} = 59 - (48.78 - 47) = 57.21 \text{ dB}$$

Entonces, al final de la cascada el valor de CSO resulta de la siguiente fórmula:

$$CSO_S = -15 \log_{10} \left( 10^{\frac{-61.69}{15}} + 10^{\frac{-65.63}{15}} + 10^{\frac{-59.82}{15}} + 10^{\frac{-63.44}{15}} + 10^{\frac{-57.21}{15}} \right) = 51.03 \text{ dB}$$

En la tabla 12 se resume cada valor de CSO por cada tramo troncal, donde demuestra que todos los valores CSO son superiores a 51 dB, cumpliendo así con las especificaciones de rendimiento óptimo establecida por la FCC.

#### 1.5.4 DISTORSIÓN DE COMPONENTES DE TERCER ORDEN (CTB)

Triple Batido Compuesto (CTB) se le llama a un tipo de distorsión ocasionada por la mezcla no deseada de portadoras en el sistema. A diferencia del CSO, el CTB cae directamente en la posición de la portadora de video de los canales.

La distorsión de tercer orden CTB se incrementa alrededor de 6 dB por cada duplicación del número de amplificadores en cascada. Una reducción en el nivel de salida generalmente mejora el CTB en 2 dB. Los efectos del CTB serán visibles líneas diagonales moviéndose a través de la imagen o como una espuria en forma de arco iris (Pearson, 2012: 50).

La fórmula para calcular el CTB de un solo amplificador es (Pearson, 2012: 50):

$$CTB = CTB_{ref} - 2(\text{nivel de salida} - \text{nivel de referencia})$$

**CTB:** Triple Batido Compuesto a la salida del amplificador

**CTB<sub>ref</sub>:** Triple Batido Compuesto especificado por el fabricante

Mientras que el CTB al final de la cascada de amplificadores, resulta de aplicar la siguiente fórmula (Pearson, 2012: 50):

$$CTB_S = -20 \log_{10} \left( 10^{\frac{-CTB_1}{20}} + 10^{\frac{-CTB_2}{20}} + 10^{\frac{-CTB_3}{20}} + \dots + 10^{\frac{-CTB_n}{20}} \right)$$

Donde:

**CTB<sub>S</sub>:** Triple Batido Compuesto total (al final de la cascada de amplificadores)

**CTB<sub>n</sub>:** Triple Batido Compuesto a la salida de cada amplificador.

En la tabla 12 están organizados los resultados del cálculo de CTB para cada tramo troncal, dichos valores cumplen con las especificaciones de performance determinadas por la FCC ( $CTBs \geq 51dB$ ).

En conclusión, el objetivo de la red troncal es suministrar a la entrada de red de distribución no menos de 40 dBmV. Este requerimiento fuerza a los amplificadores en la parte de distribución por lo que se recomienda solo uno o dos amplificadores Extensores de Línea en cascada. Estos amplificadores son separados 300 m dependiendo del número de taps requeridas por la densidad de casas (home passed o HP) (FCC, 2011: 16, 19-24).

A su vez, el objetivo de la red de distribución es suministrar al menos 0 dBmV pero no más de 10 dBmV al terminal en el receptor de televisión, un valor menor produce imágenes lluviosas y valores mayores sobrecargan el sintonizador del receptor de televisión, resultando en modulación cruzada de los canales (un zumbido en el audio, para pocos canales menos zumbido) (Salomón Álvarez, s.f.: 161).

Es necesario un nivel de señal de 10 a 15 dBmV en la derivación, para compensar pérdidas en el cable de acometida. Según la información facilitada por el Sr. Abel Simbaña, técnico de la empresa Multicable S.A. la distancia máxima que recorre un cliente es de 38 m, a mayor longitud se siente en mayor grado los problemas de recepción en los televisores del cliente.

Hay razones adicionales que disminuyen la calidad de la señal y pueden causar imágenes pobres para el abonado, una fuga de señal causada por un conector defectuoso, una pieza de cable dañado o por defecto en el receptor de televisión. Esto puede ocasionarse cuando se instalan divisores de señal en la casa, no autorizados, para alimentar múltiples receptores.

## **1.6 SISTEMAS DE CATV EN LA REGIÓN**

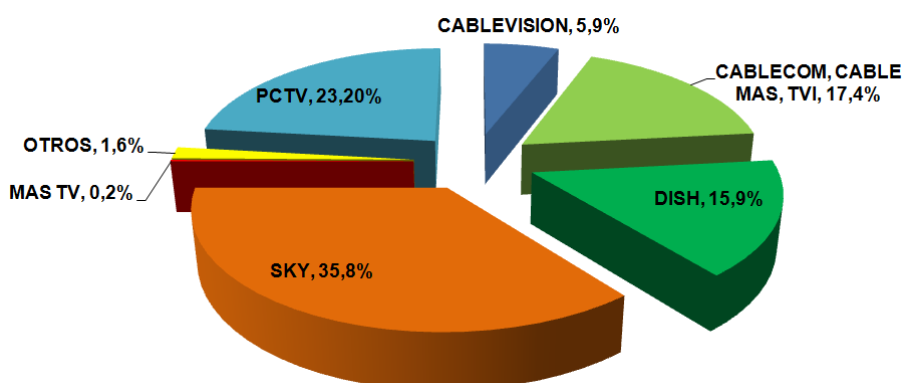
Como se indicó en un inicio, la industria del cable (refiriéndose los sistemas de televisión por cable), nació y se fortaleció en los Estados Unidos de América por lo que es en la actualidad el mercado de televisión por cable más exitoso, ya que, el 92.3% de la audiencia que consume contenido audiovisual lo prefiere realizar a través de un receptor de televisión a pesar del auge de la computadora y dispositivos móviles de usuarios.

Además informa que al año en curso, el 85% de televisores transmiten programas provenientes de la televisión por paga que respecto a los 30% de 1992 define un gran progreso. Todo esto gracias al incesante aumento de capacidad de los sistemas de CATV, que en la actualidad permite ofrecer más de los 900 canales de televisión (Asociación Nacional de Cable y Telecomunicaciones de los Estados Unidos de América [NCTA], 2014: 3).

La adecuación de sistemas de cable, principalmente en la red de acceso con cambios significativos en el medio de transmisión y la tendencia a la tecnología de fiber to the home (fibra hasta la casa) permite transportar gran cantidad de información hacia los hogares.

### 1.6.1 LA TELEVISIÓN POR CABLE EN LATINOAMÉRICA

Un 23.3% del mercado de la televisión en México está representado por empresas de CATV. Donde la empresa Cablecom y Cablevisión se reparten en 17.4% y el 5.9% respectivamente (Consejo Latinoamericano de Televisión por Multicanales [LAMAC], 2014: 10).

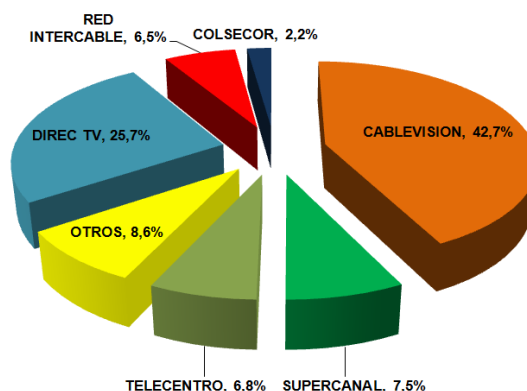


**IMAGEN 27:** Distribución de mercado de televisión en México.

**Fuente:** página oficial de Consejo Latinoamericano de Televisión por Multicanales – LAMAC, <http://www.lamac.org/>

En Argentina el 57.7% del mercado de la televisión pertenece a los cables operadores. La empresa Cablevisión es la sobresaliente, con un 42.7%, seguido por un 7.5% de la empresa Supercanal (LAMAC, 2014: 10).

La superioridad de los operadores de cable en la Argentina no es discutida, pero dicha superioridad no se refleja en otros países del sector, un ejemplo es Colombia, donde las empresas de televisión por cable alcanzan tan solo el 4.15% del mercado de la televisión. Esto debido a la hegemonía de las multiservicios que ofrecen las operadoras de telefonía celular (LAMAC, 2014: 10).



**IMAGEN 28:** Distribución de mercado de televisión en Argentina

**Fuente:** <http://www.lamac.org/>

Para el 8 de agosto del 2013, que si bien es cierto que el consumo de la Televisión Paga en Colombia sigue en aumento, el comportamiento por segmentos revela datos interesantes. Es el caso del segmento de mujeres en Colombia, registra un incremento del 10% en este primer semestre con relación a la misma época del 2012 (LAMAC, 2014: 8).

Estas cifras son un indicativo más de que la TV Paga en Colombia se presenta cada vez más atractiva para la audiencia femenina ya que entiende sus necesidades y gustos y pone a su servicio toda una gama de canales y programas especializados que han sabido responder esa demanda.

En Chile se puede apreciar 41.6% del mercado de televisión por paga está asociado a empresas que proveen servicios a través de redes relacionadas a CATV, como es el caso de VTR Telefónica (38.5%), Cable Pacífico (2.8%) y Cable Central con el 0.3% (LAMAC, 2014: 10).

Brasil presenta una variación considerable, la industria del cable tiene poca penetración en los hogares, tan solo el 3.86% representa la empresa GVT a nivel nacional. Debido a una clara hegemonía de la empresa estatal brasileña que brinda además de telefonía e internet, la televisión digital terrestre, TDT (LAMAC, 2014: 10).

## 1.6.2 SITUACIÓN ACTUAL DE CATV EN EL ECUADOR

La televisión en el país en data desde 1959, cuando la familia Rosembau-Zambrano importó los equipo tecnológicos para montar un canal en Guayaquil, llamado Primera Televisión Ecuatoriana (PTVE), por falta de las normativas recién en 1960 el Gobierno de Camilo Ponce emitió la reglamentación para la regulación y funcionamiento de canales en Ecuador. En Guayaquil, la PTVE comenzó a funcionar en el local de la Casa de la Cultura Ecuatoriana. Luego, por cambio de dueños, este canal pasó a llamarse Telesistema y que actualmente es conocido como RTS (Roberto Guerrero, 2013: 2).

**TABLA 13:** Cantidad de cable operadores y televisión codificada terrestre por provincias en el Ecuador.

PROVINCIA	TELEVISIÓN POR CABLE	TELEVISION CODIFICADA TERRESTRE
Azuay	19	1
Bolívar	5	
Cañar	9	1
Carchi	6	
Chimborazo	7	1
Cotopaxi	5	
El Oro	22	
Esmeraldas	12	
Galápagos	1	1
Guayas	20	6
Imbabura	7	
Loja	18	1
Los Ríos	22	
Manabí	23	2
Morona Santiago	13	
Napo	4	
Orellana	5	
Pastaza	3	
Pichincha	19	7
Santa Elena	2	
Santo Domingo	2	
Sucumbíos	11	
Tungurahua	7	
Zamora Chinchipe	8	
<b>Total:</b>	<b>250</b>	<b>20</b>

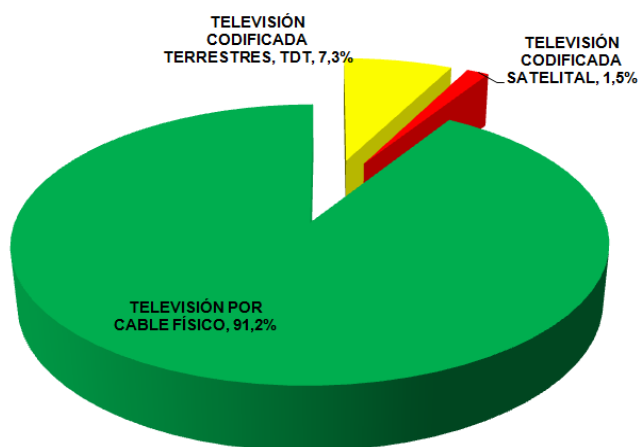
**Fuente:** Página oficial de la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador, <http://www.arcotel.gob.ec>



La televisión por cable llega en el año 1986, con la apertura de la empresa SATELCOM S.A. y su sistema denominado TV Cable con cobertura en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca. La parte regulatoria estaba a cargo del Consejo Nacional de Radiodifusión Y Televisión, CONARTEL, en 1997 se determinó que la concesión de 'sistemas de audio y video por suscripción bajo la modalidad de cable físico' como se las denomina a las cable operadores, dura 10 años (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones del Ecuador [ARCOTEL], 2015)

En la actualidad se tiene 250 operadoras de cable en el país, en la tabla 13 se detallan la cantidad por cada provincia que suman una gran parte del mercado de la televisión por suscripción o por paga en nuestro país, como se la observa en la imagen 29.

A nivel nacional se calculan un total de 381 556 suscriptores por lo que el mercado de televisión por cable sigue siendo una buena razón para que las empresas de cable inviertan en sus mejoras en infraestructura (ARCOTEL, 2015).



**IMAGEN 29:** Distribución de mercado de televisión por suscripción en Ecuador.

**Fuente:** <http://www.arcotel.gob.ec/>

Respecto al ámbito local, Otavalo cuenta con dos operadores de cable, Multicable S.A. y ContinentTV. En el siguiente apartado se referirá a la empresa Multicable pues es donde se está realizando el estudio para la transición análoga-digital.

## **CAPÍTULO II**

### **2 ESTUDIO DE MERCADO**

Este capítulo presenta el estudio de mercado de un sector de la población Otavaleña que permita determinar la demanda respecto a nuevos servicios que la empresa Multicable S.A. pretende integrar en su lista de servicios.

La encuesta se emplea como técnica de recolección de opinión, a través de preguntas tipo cerradas y de selección múltiple. La cantidad de encuestas a aplicar se determina también en este capítulo, empleando para ello el método de muestreo conociendo el tamaño de la población a investigar. Posteriormente se realiza la tabulación de las encuestas, de donde se obtendrá los datos estadísticos importantes para determinar la demanda actual y estimar los clientes potenciales hasta el año 2020, para lo cual, si es necesario se acudirá a datos estadísticos actualizados de organismos nacionales especializados en esa área con la finalidad de afianzar la información obtenida con la encuesta y precisar los cálculos de la proyección de la demanda.

Finalmente y acotando a la información obtenida de la tabulación de la encuestas, informa cuales son las empresas que brindan servicios de televisión pagada, así como de proveedores de internet y telefonía en el medio local que permita obtener información útil para los cálculos de dimensionamiento y diseño de la red HFC en el siguiente capítulo.

#### **2.1 DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD DE OTAVALO**

La ciudad de Otavalo comúnmente conocida por sus moradores como el valle del amanecer, es la cabecera política del cantón que lleva su mismo nombre. Es mundialmente conocida por su mercado artesanal, denominada la Plaza Centenario o La Plaza de los Ponchos.



**IMAGEN 30:** Panorámica de la Plaza de los Ponchos-Otavalo,  
**Fuente:** <https://www.flickr.com/photos/50195517@N07/9941628054/>

Geográficamente, está ubicada en la provincia de Imbabura de la sierra norte dentro de la jurisdicción de la zona 1 de la república del Ecuador, a 110 Km de la capital Quito y a 20 kilómetros de la ciudad de Ibarra. Al norte limita con el cantón Antonio Ante, al sur con los páramos de Mojanda, al este con el volcán Imbabura y al oeste con la parroquia Quiroga del cantón Cotacachi (Asociación de Municipalidades ecuatorianas [AME], 2014: párr. 5).

La ciudad forma parte de las 11 parroquias que conforman el cantón Otavalo; 2 parroquias urbanas más 9 parroquias rurales constituyen la división política del cantón. Las dos parroquias urbanas (El Jordán y San Luis) comprenden la población concentrada en la ciudad y sus alrededores más próximos.

Dentro del casco urbano de la ciudad se encuentra ubicada la empresa de televisión por cable MULTICABLE S.A., que desde hace más de 15 años brinda su servicio a la parte céntrica de la ciudad.

En la presente investigación, la encuesta es utilizada como la herramienta ideal para la recolección de información respecto al interés de la población otavaleña, frente a la propuesta de la empresa MULTICABLE S.A. de insertar nuevos servicios.

## 2.2 ESTRUCTURACIÓN DE LA ENCUESTA

La empresa MULTICABLE S.A., en función al innegable avance tecnológico, lo que además influye directamente en el aumento de la perspectiva del usuario respecto a nuevos servicios, ha planificado en mediano plazo realizar una reestructuración de sus sistemas, para poder brindar un servicio de televisión por cable con muchas más opciones para el usuario.

En ese sentido, el presente trabajo de grado se solventa con el estudio de mercado que se realiza en este apartado, para lo cual, en primera instancia se obtiene y analiza la opinión de la población a través de la ejecución y tabulación de unas encuestas tipo cara a cara dirigida a la población otavaleña en general.

El contenido de la encuesta respeta los principios de anonimidad, bajo una redacción de fácil entendimiento, así como la cantidad y calidad de las preguntas.

Físicamente, para el presente estudio en particular, la encuesta está diseñada en una sola página y estructurada de 3 partes importantes: el encabezado, datos del encuestado y el cuestionario (ver anexo 5).

La sección del ENCABEZADO presenta una nota de responsabilidad, con el nombre de la institución ejecutora, es decir, el nombre de la universidad y del logotipo identificativo. Además de una leyenda especificando el motivo de la encuesta y un instructivo para la contestación del cuestionario.

La finalidad de esta sección es informar al encuestado el objetivo y el uso que se le dará a su opinión, haciendo hincapié en que su información otorgada será tratada únicamente para el presente trabajo de grado.

La parte de la INFORMACIÓN DEL ENCUESTADO, situada posteriormente al encabezado, y sirve para que el encuestado señale su respuesta sin mucho esfuerzo. Respuesta a ciertos datos personales como: género, edad, ocupación y ubicación del domicilio; pero siempre garantizando el anonimato del encuestado, para lo cual no se ha consultado información más personal.

La finalidad de esta sección es definir el perfil del usuario determinado el sector población interesada para lo cual se consulta datos sobre la edad, ocupación y sobre todo el domicilio que permitirá diseñar el alcance de la cobertura de la red.

La parte del CUESTIONARIO consta de 8 preguntas cerradas, y pretende:

- De la pregunta 1 al 4: determinar la fuente de recepción de la señal de televisión en sus hogares, y la satisfacción del cliente si es cliente de MULTICABLE S.A.
- De la pregunta 5 al 8: determinar el interés del encuestado frente a los nuevos servicios que podría recibir por el mismo operador de cable.

Los temas consultados se refieren a servicios actuales de televisión, así como acerca de la televisión interactiva que la empresa pretende brindar, donde el cliente puede elegir y disfrutar la programación que prefiera, en cualquier momento y en la comodidad de su hogar. Además de servicios de contenido Premium con la cual el cliente podrá disfrutar de canales para ver lo mejor de los videos, cine mundial, estrenos, series y programación para adultos. Sin interrupciones ni cortes comerciales.

Otro ítem del cuestionario consulta el interés por el servicio Pago por Ver (PPV), donde el cliente puede solicitar a su proveedor de cable canales para ver la transmisión de eventos locales desde la comodidad de su hogar.

Además, el cuestionario permite obtener información acerca de el nivel de interés de los encuestados sobre servicios adicionales donde el cliente puede armar su plan, seleccionado la cantidad de canales que desea contratar (televisión a la carta) por ultimo y no menos importante, permite conocer interés acerca de servicios de telefonía, internet banda ancha y canales de audio (radio, musicales) sobre una misma conexión.

### **2.3 EJECUCIÓN DE LA ENCUESTA**

En función al alcance de la red de Multicable S.A., los encuestados fueron moradores de los barrios que comprenden el sector urbano de la ciudad. Donde los encuestadores presentaron una total predisposición para brindar una guía y explicación necesaria estableciendo un ambiente de confianza y amabilidad.

Una tercera parte de la cantidad del total de encuestas se realizó a los clientes de MULTICABLE S.A., y el resto se la direcciona a los habitantes de las parroquias de los alrededores de la ciudad, aquellas con mayor cantidad de habitantes. El tiempo estimado fue de 10 días laborables para ejecutar la totalidad de 171 encuestas. Esta cantidad se obtuvo de un análisis estadístico para el cálculo del tamaño de la muestra.

### **Cálculo del tamaño de la muestra.**

En ese sentido, determinar el número de individuos a aplicar la encuesta fue importante ya que permite definir los sectores del cantón Otavalo donde se planificará en cobertura y capacidad la red híbrida HFC (coaxial-fibra óptica).

El muestreo que se debe emplear es aquella que se ajusta conociendo el Tamaño de la Población. La fórmula para calcular el tamaño de muestra conociendo el tamaño de la población es la siguiente (Mariela Torres, 2014: 11):

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * (1 - p)}{d^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * (1 - p)}$$

De donde,

n: Tamaño de la muestra

N: Tamaño de la población

Za: Nivel de confianza

p: Probabilidad de éxito, o proporción esperada

d: Precisión (Error máximo admisible en términos de proporción = 5%).

Para el presente caso de estudio., los parámetros antes descritos se ajustan a la realidad del sector otavaleño, por ende.

Tamaño de la población, N: Las encuestas se aplicará al sector urbano de la ciudad de Otavalo, considerando el alcance actual de la red de cable de la empresa MULTICABLE S.A., además para el diseño se realizarán la recolección de información en los alrededores, sobre todo aquellas parroquias urbanas que han presentado importantes niveles de crecimiento poblacional en los últimos años.

Así pues, se tiene 104 677 habitantes del cantón Otavalo de las cuales un 44.3% de la población está asentada en el sector urbano, mientras que 55.7% está ubicado en el sector rural (Instituto Nacional de Estadísticas y censos del Ecuador [INEC], 2014).

Entonces, la población a considerar es N= 46 372 otavaleños del sector urbano.

Nivel de confianza o seguridad,  $Z_a$ : El nivel de confianza es el monto de incertidumbre a tolerar por parte del investigador. Las elecciones comunes son 90%, 95%, o 99% (Mariela Torres, 2014: 12).

Según diferentes seguridades, el coeficiente de  $Z_a$  varía así:

Si la seguridad fuese del 90% el coeficiente es 1.645,

Si la seguridad fuese del 95% el coeficiente es 1.96,

Si la seguridad fuese del 97.5% el coeficiente es 2.24,

Si la seguridad fuese del 99% el coeficiente es 2.576.

Para el caso de estudio se fija una confianza del 90%, puesto que, se tratará de que la mayoría de los encuestados sean clientes de la empresa, ya que el presente trabajo de grado se basa sobre todo en la actualización del sistema actual de la red de la empresa. A pesar de ello se planifica la recolección de información en los sectores que han tenido crecimiento poblacional importante, como es el caso de los barrios indígenas como Peguche, Ilumán, etc.

Entonces se considera una seguridad de  $Z_a=1.645$

Probabilidad de éxito o proporción esperada,  $p$ : Este es un término estadístico un poco más sofisticado pero a su vez permite determinar una muestra más exacta y apegada a la realidad. Este parámetro hace referencia a la cantidad de individuos que dispongan de un bien o servicio por cada 100 habitantes. En caso de no disponer de un dato estadístico se sugiere utilizar un  $p= 50\% = 0.5$  (Mariela Torres, 2014: 11).

Para el caso de estudio se refiere a la cantidad de Otavaleños que posean al menos un televisor, para obtener dicha afirmación se apoyará en los siguientes datos estadísticos:

En la provincia de Imbabura 91 714 familias disponen de un televisor (el 81% del total de familias imbabureñas), lo que equivale a 0.81 por cada familia imbabureña. Y si se tiene que un hogar otavaleño está conformada por una media de 4.1 personas; entonces por cada 4 habitantes se tiene 0.81 televisores, por lo que es válido afirmar que por cada 100 habitantes se tiene 19.82 televisores (INEC, 2014).

A todo esto, la conclusión es que el valor de  $p= 0.1982$

Precisión, d: Es el monto de error a tolerar. En las encuestas de opinión, como es el presente caso, este porcentaje se refiere al margen de error que el resultado que obtenga debería tener, mientras más bajo por cierto es mejor y más exacto. Un valor del 5% es lo más común y es lo que se va a fijar para el presente trabajo ( $d=0,05$ ) (Mariela Torres, 2014: 11).

En resumen;

$$N= 46\ 372, Z_{\alpha} = 1.645, d= 0.05 \text{ y } p=0.1982$$

Entonces,

$$n = \frac{46372 \times 1.645^2 \times 0.1982(1 - 0.1982)}{0.05^2 \times (46372 - 1) + 1.645^2 \times 0.1982(1 - 0.1982)}$$

$$n = 171,3738$$

Por lo cual para obtener la información de una cantidad adecuada de muestras es necesario realizar encuestas a 172 otavaleños.

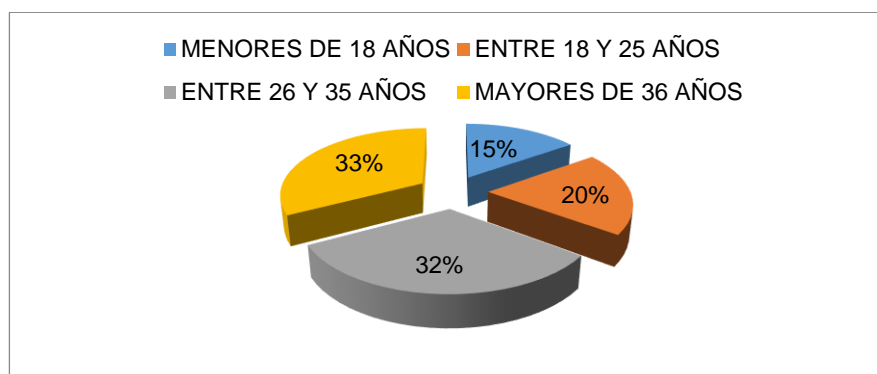
## **2.4 TABULACIÓN DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA**

La mayoría de los encuestados son las cabezas de la familia, en relación al padre o madre de familia que administran la economía del hogar. En ese sentido el 85% de los encuestados son, de acuerdo a la constitución de la república del Ecuador, mayores de edad, por lo cual tienen plenos derechos para trabajar y adquirir bienes y/o servicios con total libertad.

Mientras un sector minoritario de los encuestados pertenece a los menores de edad, y según los datos facilitados por ellos, la mayoría se ocupa en la labor estudiantil.

Se conoce que la totalidad de los estudiantes son dependientes directos de la economía de los padres, a pesar de ello no hay que bajo ningún motivo desmerecer su opinión, ya que a mediano y largo plazo formarán parte de la población laboral de la ciudad, en posibilidad de adquirir servicios secundarios para su bienestar.





**IMAGEN 31:** Edad de encuestados

**Fuente:** elaboración propia.

Del total de encuestados, la opinión brindada al presente trabajo proviene en un 51% de la población femenina, así como el 49% de la población masculina mostró interés por colaborar con la encuesta.

Indistintamente de su género, la mayoría de los encuestados (27%) afirma tener un trabajo en una institución y/o empresa privada. Conociendo que en Otavalo se tiene empresas textiles, negocios comerciales, empresas de servicios proveedores de internet, residenciales, hostales, hoteles, restaurantes.

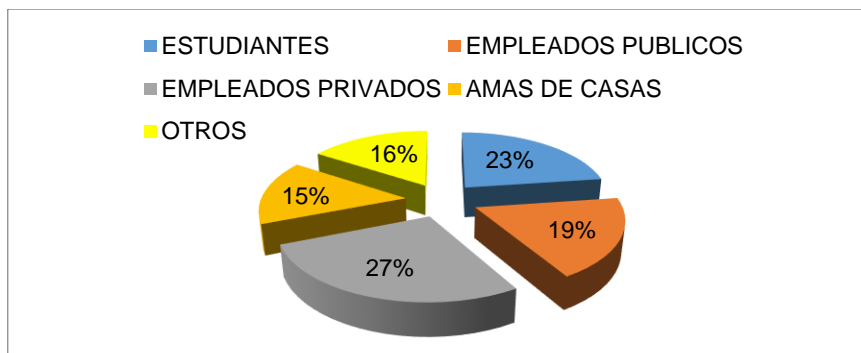
Un 19% indica que su trabajo se desenvuelve en el sector público, que bien podría ubicarse en algún cargo dentro de los diferentes departamentos que conforman la municipalidad y registro civil de la Otavalo.

Los consultados con ocupación estudiantil entre adolescentes en edad de bachillerato y jóvenes universitarios, establecen con un 23%, el segundo sector de la población otavaleña que más opinó respecto a esta encuesta.

La tercera parte del total de encuestados suman el 31% de las personas encuestadas, entre las amas de casa y aquellas personas con otro tipo de ocupación no especificada en el listado. De donde las amas de casa con un 15% representan un sector importante a considerar para el diseño de nuevos sistemas de televisión de paga.

Adicionalmente, y, para afianzar lo mencionado, se tiene que la Televisión de Paga se ha convertido en el líder del rating en el segmento de amas de casa y que en general se registra un aumento del 10% de la audiencia femenina en el consumo de este tipo de servicio (LAMAC, 2013: 5).

Aquellos encuestados que informan tener otro tipo de ocupación comunican tener negocio propio (choferes de taxis, administradores de residenciales, ferreterías, panaderías) y artesanos. Este sector registra el 16% de los encuestados.

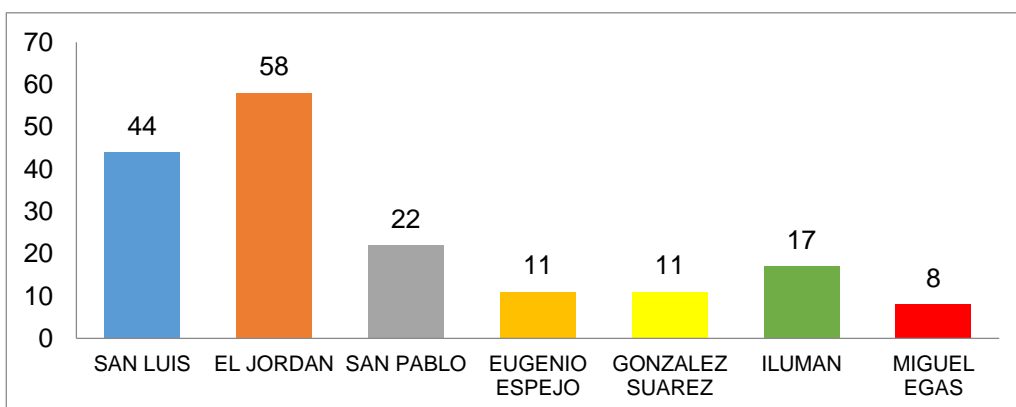


**IMAGEN 32:** Distribución de ocupación de las personas encuestadas.

**Fuente:** elaboración propia.

Otro aspecto importante a considerar como información útil para el diseño de la red, a más del interés que se analiza posteriormente, es la residencia de los encuestados. Así pues la mayoría de personas que opinaron viven casco urbano de la ciudad, domiciliados en las parroquias San Luis y El Jordán, el 26% y 34% de personas respectivamente.

Los habitantes del sector oriental (parroquias de San Pablo, González Suárez y Eugenio Espejo) del cantón aportaron con una totalidad del 25% de los encuestados, de la cual la mayoría de los consultados viven en la parroquia de San Pablo. Los sectores que pertenecen al domicilio de los encuestados se resumen en la gráfica siguiente:



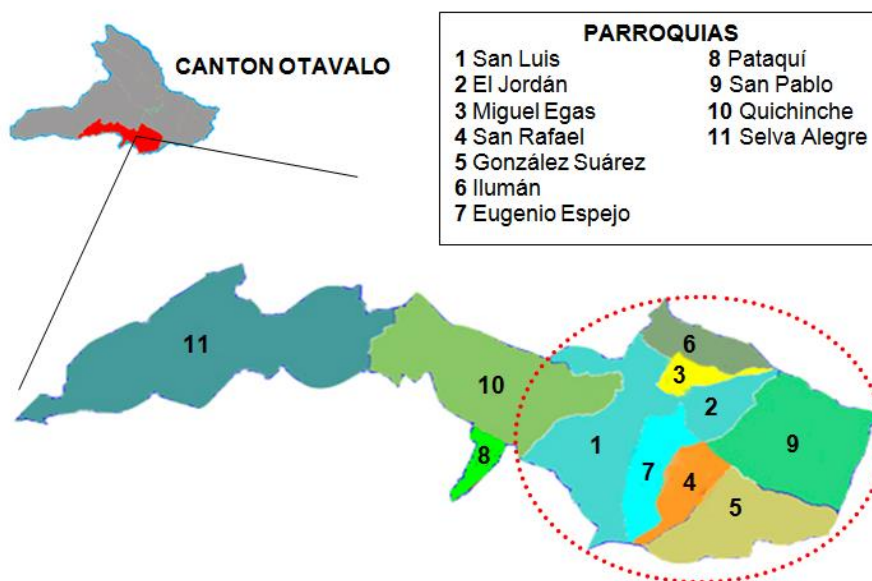
**IMAGEN 33:** Personas encuestadas por cada parroquia

**Fuente:** elaboración propia.

La gráfica anterior muestra que 17 personas encuestadas viven en la parroquia de Ilumán y en menor cantidad, con 8 personas, se ubican en la parroquia Dr. Miguel Egas, Estos dos últimos valores se la puede considerar como una sola, debido a que el tendido de cable tiene que pasar por el barrio Peguche de la Parroquia de Miguel Megas con dirección a la parroquia de Ilumán.

En síntesis, en una primera decisión, el diseño de la red se consideran las parroquias urbanas El Jordán y San Luis que abarcan el centro, sur y oeste del cantón, y que comprende la ciudad de Otavalo como tal, además de las parroquias que están alrededor de la ciudad, es el caso que para el sector norte se consideran: las parroquias de Miguel Egas (barrio Peguche y Carabuela) e Ilumán. Al este: las parroquias de las orillas de la laguna San Pablo (parroquia San Pablo, Eugenio Espejo y González Suárez). Este resultado se la puede observar en la figura 38.

Parroquias rurales como Selva Alegre y Pataquí no se consideran en el diseño inicial, debido a su lejanía desde la cabecera de la red.



**IMAGEN 34:** Parroquias del cantón Otavalo con selección del área de cobertura para el diseño de la red MULTICABLE S.A.

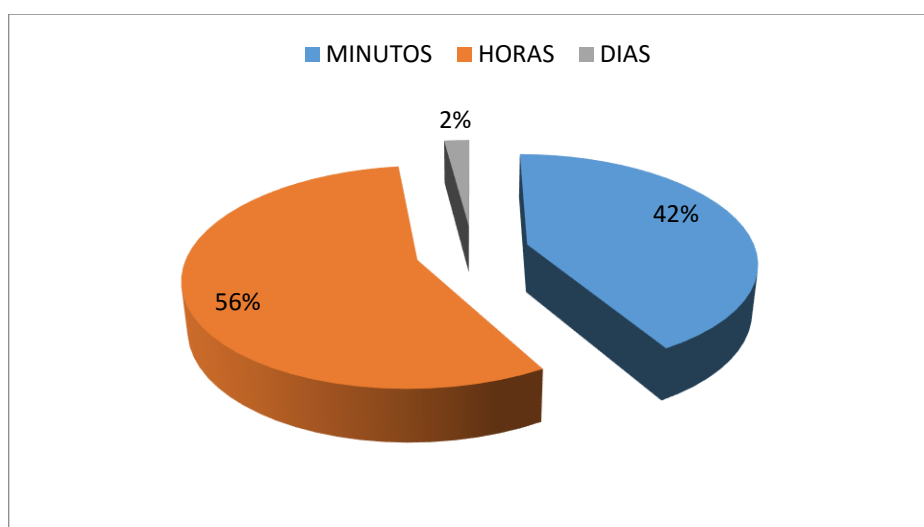
**Fuente:** elaboración propia.

La totalidad de los encuestados, como se estimó anteriormente, dispone de al menos un televisor en su hogar. Y un 38% de ellos disfrutan de la televisión instalando una antena tradicional para recibir gratuitamente las señales televisivas de los canales nacionales.

Los 2/3 de los encuestados afirman disponer de televisión pagada ya sea por antena satelital o conexión cableada desde un proveedor local. En este último punto, más de la mitad de los encuestados que tiene el servicio de televisión pagada lo recibe de uno de los dos proveedores de la ciudad de Otavalo.

En relación a la afirmación anterior, 54 encuestados usan el servicio de televisión por cable, de donde 48 indican pertenecer al grupo de clientes de la empresa MULTICABLE S.A. lo que equivale al 28% del total de los encuestados. Cabe destacar que los clientes de MULTICABLE S.A. se ubican en los sectores hasta donde cubre la red.

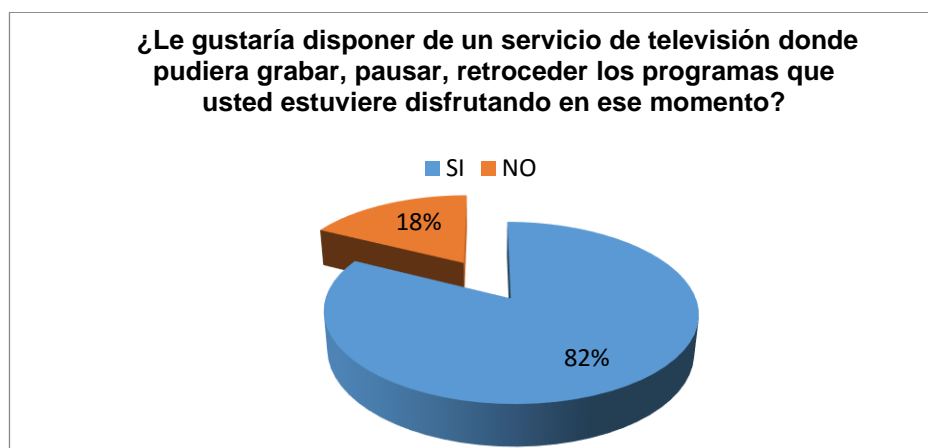
Un 52% de los clientes cree que el servicio que brinda MULTICABLE S.A. es bueno y un 48% de ellos opina que el servicio es excelente. Mucho de ello se debe a que el 98% de los clientes consultados indica que los daños en el servicio se las resuelven como mucho en horas.



**IMAGEN 35:** Opinión de clientes de MULTICABLE S.A. respecto el tiempo de respuesta de la empresa frente a algún inconveniente

**Fuente:** elaboración propia.

En base a lo anterior, como conclusión es que la mayoría de los clientes está conforme con el servicio brindado por la empresa de cable MULTICABLE S.A., razón por la cual es factible consultar si hay o no interés de la población respecto a nuevos servicios sobre las conexiones de televisión por cable.



**IMAGEN 36:** Porcentaje de aceptación de los otavaleños a un servicio de televisión interactivo.

**Fuente:** elaboración propia

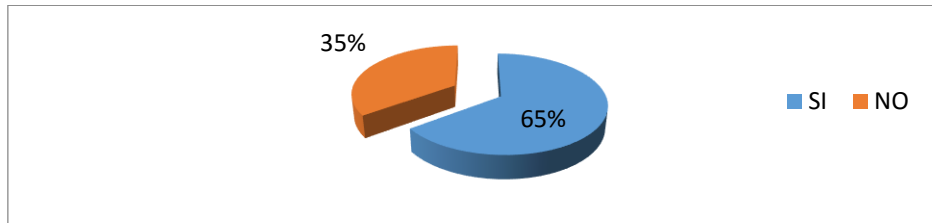
La tendencia de la televisión por cable es cada vez más a servicios con alto grado de interactividad con el usuario, donde los usuarios puedan disfrutar de programas variados con la opción de pausar, retroceder y/o grabar el contenido. Por ende una de las preguntas del cuestionario se refería a ese particular, la imagen 36 refleja la opinión de los encuestados.

Ocho de cada 10 personas le interesa disponer de un servicio de televisión con mayores posibilidades para controlar la reproducción de un programa que este disfrutando.

Al 66% de los encuestados le gustaría disponer del servicio denominado “contenido premium”, con el cual se podría solicitar a su cable operador una amplia gama de contenido audiovisual, como películas de estreno, videos musicales, películas clasificadas, etc.

Un porcentaje similar demuestra interés sobre un servicio de cable con la posibilidad de solicitar transmisiones en directo de eventos deportivos, culturales y sociales.

Para ambos casos los encuestados están de acuerdo en pagar un abono adicional, la gráfica siguiente indica la proporción de clientes interesados frente a estos nuevos servicios.



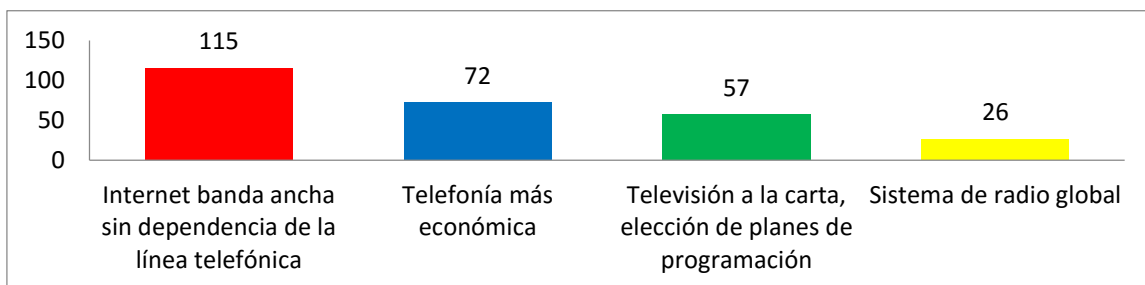
**IMAGEN 37:** Proporción de encuestados respecto al interés de servicios de pago por ver y contenido Premium.

**Fuente:** elaboración propia.

Finalmente, la opinión de los encuestados demuestra mayor tendencia a disponer de internet banda ancha por la misma conexión de televisión por cable (67%).

El 42% se pronuncia a favor de disponer telefonía por la misma conexión de cable y un criterio del 33% demuestra interés sobre un plan de programación a escoger, servicio denominado televisión a la carta.

Respecto a la propuesta de ofrecer una programación de canales de audio, un mínimo número de encuestados se pronuncian interesados por este servicio adicional. Esto es, el 15% de encuestados podría contratar el servicio de radio global. Todos esos argumentos se indican en la gráfica siguiente especificando la cantidad de personas en función al servicio.



**IMAGEN 38:** Tendencia de los encuestados a nuevos servicios de televisión por cable.

**Fuente:** elaboración propia.

En síntesis, los resultados del análisis de la opinión otorgada por una considerable cantidad de otavaleños, permite hacer una premisa inicial para el diseño de la capacidad de la red que soporte servicios digitales de gran ancho de banda (red híbrida cable coaxial y fibra óptica, HFC) y sistemas de cabecera con equipamiento necesario para producir y administrar gran cantidad de contenido audiovisual. Esta parte del estudio se detalla en el capítulo 3.

## **2.5 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA**

Los datos obtenidos de la tabulación de las encuestas permiten organizar y predecir la cantidad consumidores potenciales frente a nuevos planes de televisión y servicios adicionales por la misma conexión de cable. Para los cálculos, son útiles los siguientes datos:

- Encuestados interesados por IPTV=82%
- Encuestados interesados por VoD (VIDEO BAJO DEMANDA)=66%
- Encuestados interesados por PPV (PAGO POR VER)=65%
- Encuestados interesados por Internet=67%
- Encuestados interesados por telefonía=42%
- Personas con servicio de televisión por cable=32%

Antes de todo hay que recordar que la totalidad de encuestados, que además coincide con la política de la empresa, corresponde a la población urbana por lo cual se puede dirigir el estudio a este sector, por ende y según el organismo nacional de estadísticas y censos (INEC), la población urbana del cantón Otavalo es de 46 372 habitantes (equivale al 44.3% del total de la población), en ese sentido, la proyección de la población otavaleña para el 2015 es de 117 425 habitantes, de donde la población urbana equivale a 52 019 personas.

### **2.5.1 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA A IPTV**

Con respecto a la posibilidad de grabar, pausar o retroceder, el 82% de los encuestados están interesados en contratar un servicio de televisión por cable con esas características.

En ese sentido, la digitalización de los sistemas de televisión convencional de libre acceso, sin previa suscripción, permitirá realizar este tipo de interacción del televidente con el televisor, motivo por el cual, con mayor razón, los sistemas de catv debe seguir la misma dirección y ofrecer adicionalmente servicios de contenidos digitales (video bajo demanda y pague por ver) que sean más atractivos para el televidente al momento de disfrutar un momento de entretenimiento.

La tabulación de la encuesta proyectó que un porcentaje de la población tiende a requerir un servicio de televisión digital por cable, cantidad que equivale el 82% de la población urbana proyectada para el año 2015, es decir 42 655 posibles suscriptores para el año 2015.

Además, la población capaz de adquirir el servicio adicionales, son precisamente aquellos que en este momento ya tienen acceso al servicio de CATV, según la encuesta equivale al 32% del total de encuestados, por lo que el 32% de 42 655 personas corresponde a 13 650 posibles clientes interesados y con capacidad de adquirir nuevos servicios de televisión por cable.

Considerando que un 10% de los posibles clientes, en efecto, contraten el servicio, entonces que para el año 2015 están estimados 1 365 usuarios de televisión por cable (DELOITTE, 2014: 24).

Siguiendo los mismos procesos anteriores, la demanda proyectada a mediano y largo plazo representa cifras muy elevadas. Esta tendencia sobrestima el incremento real en los primeros años y subestima el último.

De esta manera, el método de proyección de la demanda con resultados más aproximados a la realidad es el Modelo o función de Gompertz (conocido también como “Ajuste de curva en forma de S”) que representa la tendencia a crecer a medida que madura el producto, es decir comienzan bajas, aumenta conforme el producto se dé a conocer y finalmente adquiere un nivel fijo cuando alcanza la saturación. La fórmula considera la demanda futura de P suscriptores en T años (Adriana Ariza, 2013: 44):

$$P = e^{(a-b*c^T)} \quad (1)$$

De donde:

P: Proyección al año T,

T: tiempo en años,

e: Constante de Euler (2,7182....),

a, b y c: Parámetros de la función, para un T indefinido c tiende a cero.



En la actualidad, MULTICABLE S.A. reporta 800 suscriptores, por lo que el valor de  $P_0=800$  a  $T_0=0$  años, entonces:

$$P_0 = e^{(a-b*c^{T_0})}$$

$$800 = e^{(a-b*c^0)} = e^{(a-b)}$$

$$b = a - \ln(800) \quad (2)$$

Para el primer año ofertando el servicio,  $P_1=1365$  a  $T_1=1$ ,  $P_1$  fue determinada al inicio de esta sección considerando las condiciones de interés y posibilidad de adquisición por lo que reemplazando dichos valores en (1), el resultado es:

$$P_1 = e^{(a-b*c^{T_1})}$$

$$1365 = e^{(a-b*c^1)}$$

$$c = \frac{a - \ln(1365)}{b} \quad (3)$$

La saturación del sistema llega con 10000 suscriptores, entonces para  $P_\infty=10000$  a  $T_\infty=\text{indefinido}$ ,  $c$  equivale a cero (Gerard O'Driscoll, 2008: 36).

Con lo anterior mencionado, la fórmula se presenta así:

$$P_\infty = e^{(a-b*c^{T_\infty})}$$

$$10000 = e^{(a-b*0)}$$

$$a = 9.2103 \quad (4)$$

Reemplazando (4) en (1) resulta que:

$$b = 9.2103 - \ln(800) = 2.5257 \quad (5)$$

De igual manera, al reemplazar (5) y (4) en (3), resulta que:

$$c = \frac{9.2103 - \ln(1365)}{2.5257} = 0.7885$$

En síntesis,  $a=9.2103$ ,  $b=2.1064$  y  $c=0.9454$ , mismos que permiten el cálculo de los posibles suscriptores estimados para los próximos años, así para el año T2 resulta:

$$P_2 = e^{(a-b*c^{T_2})}$$

$$P_2 = e^{(9.2103-2.5257*0.7885^2)} = 2080$$

De manera similar, el cálculo para  $T=3, 4, 5$  y  $6$ , se presenta a continuación:

$$P_3 = e^{(9.2103-2.5257*0.7885^3)}$$

$$P_4 = e^{(9.2103-2.5257*0.7885^4)}$$

$$P_5 = e^{(9.2103-2.5257*0.7885^5)}$$

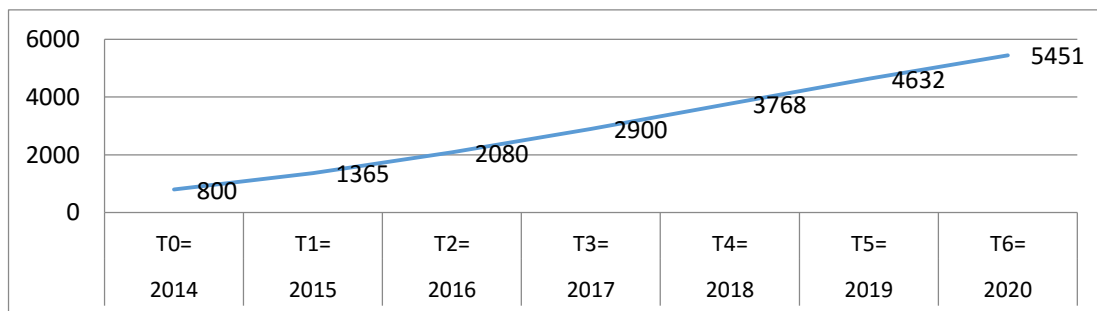
$$P_6 = e^{(9.2103-2.5257*0.7885^6)}$$

La tabla 14 indica la proyección de la demanda una vez puesta en marcha el sistema, y, la imagen 39 muestra dicha tendencia.

**TABLA 14:** Proyección de la demanda de IPTV a los primeros 7 años.

AÑO	CANTIDAD SUSCRIPTORES IPTV
2014	800
2015	1365
2016	2080
2017	2900
2018	3768
2019	4632
2020	5451

**Fuente:** elaboración propia



**IMAGEN 39:** Curva de la tendencia por IPTV.

## 2.5.2 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA A PPV

El servicio PPV o Pague Por Ver, es aquel que permite al suscriptor solicitar al cable operador, videos de transmisiones en vivo de eventos deportivos, sociales o culturales, adicionalmente al paquete de canales de TV que tenga contratado.

Frente a esta propuesta un 66% de los encuestados mostraron interés por contratar este servicio, es decir: de los 800 clientes actuales de Multicable S.A., el equivalente al 66% es de 528 interesados en contratar PPV (a T0), y de los 52 019 otavaleños proyectados para el 2015, el 66% equivale a 34332 y, al considerar además que según la encuesta, los clientes potenciales serian aquellos que ya disponen de televisión por cable (el 32% según la encuesta) entonces, para el año T1 estarían considerados  $34332 \cdot 32\% = 10986$  suscriptores de televisión por cable.

Para mayor precisión, un 20% de los hogares con acceso a televisión por cable tendrán adicionalmente acceso a contenidos digitales, como PPV o video bajo demanda (DELOITTE, 2014: 30).

Usando la referencia anterior, la cantidad de clientes MULTICABLE suscritos a servicios PPV en el T0 sería de 106 personas (20% de 528 personas interesadas por el servicio), en la población otavaleña seria de 2198 clientes (20% de 10986) dispondrían de al menos uno de los servicios adicionales, para este caso, PPV.

Considerando que al inicio al menos un 10% de los clientes contraten el servicio PPV, resulta que  $2198 \cdot 10\% = 220$ , es decir 220 a T1=1.

Con el modelo de Gompertz los cálculos se direccionan en primera instancia a obtener los parámetros a, b y c. Por lo que, partiendo de la estimación de saturación del sistema con 10 000 suscriptores, el valor de  $a=9.2103$ . El valor de  $b=2.1064$  resulta de considerar que para  $T_0=0$ , la población inicial  $P_0$  es igual a 106 clientes, entonces.

$$b = 9.2103 - \ln(106) = 4.5507$$

Con  $T_1=1$  y  $P_1=1099$ , el parámetro c, es resultado de la siguiente manera:

$$c = \frac{9.2103 - \ln(220)}{4.5507} = 0.8390$$

Los parámetros obtenidos permiten calcular la proyección de la demanda hasta el año 2020, resolviendo los siguientes cálculos, la tabla 15 resume la demanda por VoD:

$$P_2 = e^{(9.2103-4.5507*0.8390^2)}$$

$$P_3 = e^{(9.2103-4.5507*0.8390^3)}$$

$$P_4 = e^{(9.2103-4.5507*0.8390^4)}$$

$$P_5 = e^{(9.2103-4.5507*0.8390^5)}$$

$$P_6 = e^{(9.2103-4.5507*0.8390^6)}$$

**TABLA 15:** Proyección de la demanda de PPV a los primeros 7 años.

<b>AÑO</b>	<b>CANTIDAD SUSCRIPTORES PPV</b>
<b>2014</b>	106
<b>2015</b>	220
<b>2016</b>	406
<b>2017</b>	681
<b>2018</b>	1049
<b>2019</b>	1508
<b>2020</b>	2045

### 2.5.3 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA A VOD

Los encuestados informan que otro servicio que les interesa recibir por la misma conexión de televisión por cable es el video bajo demanda, básicamente este servicio es similar al servicio de videoclub o alquiler de casete VHS que se solicitaba en un almacén de video y permitía disfrutar de películas, videos musicales, documentales, etc. en la comodidad de la casa, para el efecto era necesario disponer de un reproductor VHS conectado al televisor, estos sistemas eran muy populares durante 90's.

Procesos similares a los cálculos anteriores se repiten para la demanda por el servicio VoD. Para lo cual, los parámetros son:

$a=9.2103$ , si  $T=\text{indefinido}$  y  $P_{\infty}=10\ 000$  para saturación del sistema.

$b=2.1064$ , si  $T_0=0$  y  $P_0=800$  clientes para 2014.

$c=0.8804$ , para  $T_1=1$  y  $P_1=1082$  clientes con capacidad de adquisición.

La tabla siguiente indica la proyección de la demanda por el servicio de pago por ver durante siete años:

**TABLA 16:** Proyección de la demanda de VoD a los primeros 7 años.

AÑO	CANTIDAD SUSCRIPTORES VoD
2014	104
2015	216
2016	400
2017	671
2018	1035
2019	1490
2020	2022

Fuente: elaboración propia

#### 2.5.4 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA POR SERVICIO DE INTERNET

Por otra parte, según los resultados de la encuesta una gran cantidad de personas (67% de los encuestados) informaron el interés de contratar un servicio de servicio de Internet, es decir que para el año  $T_0$  una vez implementado el servicio de internet por cable, se tendría 536 suscriptores (67% de 800 clientes de Multicable S.A.), de las cuales, según resultados de la encuesta, un 32% se considera como clientes potenciales, ya que este porcentaje representa la cantidad de personas que disponen de una conexión a televisión por cable.

En Otavalo hay el 24.9% de clientes con conexión a internet banda ancha lo realizan a través de conexiones por cable (INEC, 2014).

Por ende, es válida la afirmación que de los 800 clientes de Multicable, 131 suscriptores ( $24.9\% \cdot 536$ ) podrían solicitar conexiones adicionales para internet es decir  $P_0=131$  en  $T_0$ .

Para  $T_1$ , la demanda proyectada considera el 67% de los encuestados con alto grado de interés por contratar el servicio de Internet, es decir, para el 2015 se tendría 34 853 personas interesadas por el servicio (el 67% de los 52019 otavaleños estimados por el INEC para el 2015).

Además, un 32% de los encuestados tienen acceso a cable, por lo que, el mercado principal de la empresa está dirigido a esta población, siendo entonces 11153 personas con conexión a televisión por cable e interesadas por contratar internet.

En función a los datos facilitados por el INEC, permite ajustar una estimación más próxima a la realidad, pues como se mencionó, un 24.9% de los clientes de una empresa de cable tendría conexión a internet, entonces:

$11153 \text{ abonados} \cdot 24.9\% = 2777$  abonados con acceso a internet por conexión de televisión por cable.

Como en los casos anteriores, se estima que un 10% de clientes finalmente contraten internet es decir 278 conexiones a internet banda ancha ( $P_1=278$  abonados a  $T_1= 1$ ).

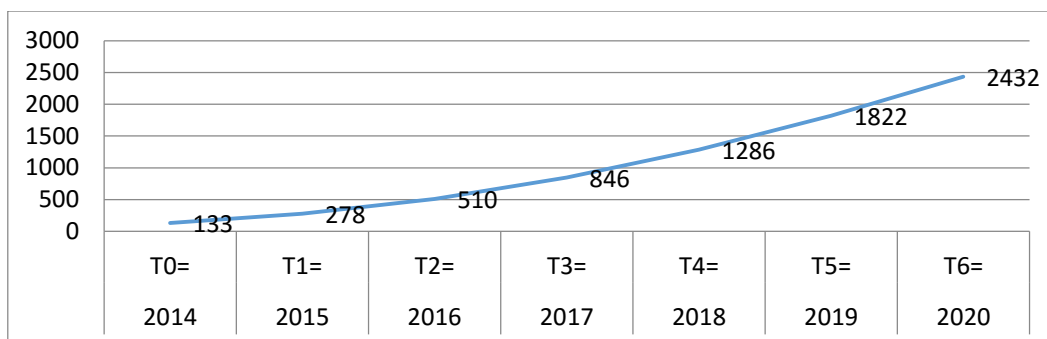
Como ya se ha mencionado, la saturación del sistema a 10 000 usuarios se tiene que  $a=9.2103$ , de donde  $b=2.3315$  y  $c=0.8304$ . Entonces la proyección de la demanda para los primeros años resulta de los siguientes cálculos. La tabla de continuación resume la proyección de la demanda hasta el año 2020.

**TABLA 17:** Proyección de la demanda de Internet a los primeros 7 años.

<b>AÑO</b>	<b>CANTIDAD SUSCRIPTORES A INTERNET</b>
<b>2014</b>	133
<b>2015</b>	278
<b>2016</b>	510
<b>2017</b>	846
<b>2018</b>	1286
<b>2019</b>	1822
<b>2020</b>	2432

**Fuente:** elaboración propia

La curva de la tendencia por contratar el servicio de internet es graficada en la figura 40, donde es notorio que el método de Gompertz predice que la demanda por internet es casi tan atractiva como la televisión IP.



**IMAGEN 40:** Curva de la tendencia por Internet

**Fuente:** elaboración propia.

## 2.5.5 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA POR SERVICIO DE TELEFONÍA

Según resultados de la encuesta, el 42% de las personas encuestadas informa su interés por adquirir el servicio de telefonía como parte del plan de televisión por cable, es decir el 42% de 800 clientes registrados por Multicable S.A. que equivale a 336 personas.

Además, densidad telefónica por población es del 14.55% en la Imbabura, es decir que 15 personas tienen teléfono fijo de cada 100 imbabureños, entonces, el 14.55% de 336, es igual a 49 clientes interesados y con alta posibilidad de contratar telefonía a través de redes de catv, Por ende a  $T=0$ ,  $P_0= 49$  (ARCOTEL, 2015).

En igual sentido, la demanda para el primer año una vez establecido el servicio, es consecuencia de la siguiente afirmación:

Población urbana año 2015\*porcentaje de interesados:  $52\ 019 \times 42\% = 21\ 848$

Así, para el caso de estudio, el 14.55% de 21 848 es 3 178 personas con tendencia a contratar telefonía fija, además para el sector del mercado de televisión por cable, un 32% de los encuestados afirman disponer de este servicio, por lo que, se considera a esta cantidad como las personas con mayor posibilidad de contratar el servicio de telefonía por conexiones de cable, es decir 1017 personas con acceso a cable e interesadas por contratar telefonía.

Considerando finalmente que un 10% contraten el servicio, a T=1 es P1=102.

En resumen, para el año 2014 la proyección indica que: 49 clientes de catv interesadas por telefonía y para el año 2015: 102 otavaleños con acceso a catv con posibilidad de contratar telefonía por el misma conexión a televisión por cable.

Con estos valores, reemplazando en el modelo de Gompertz (fórmula 1) y estableciendo la saturación del sistema a 10 000 usuarios, los parámetros a=9.2103, b=5.3208 y c=0.8623. Por tanto la proyección de la demanda para los primeros años resulta de calcular los datos antes obtenidos en la fórmula siguiente.

$$P_T = e^{(9.2103 - 5.3208 * 0.8623^T)}$$

Con T=2, 3, 4, 5 y 6 la demanda aumenta cada año, los resultados están colocados en la siguiente tabla:

**TABLA 18:** Proyección de la demanda de telefonía a los primeros 7 años.

<b>AÑO</b>	<b>CANTIDAD ABONADOS DE TELEFONÍA</b>
<b>2014</b>	49
<b>2015</b>	102
<b>2016</b>	191
<b>2017</b>	330
<b>2018</b>	528
<b>2019</b>	791
<b>2020</b>	1122

**Fuente:** elaboración propia



## 2.6 MERCADO DE LA TELEVISIÓN PAGADA EN OTAVALO

Las empresas que brindan servicios relacionados con programación televisiva pagada en la ciudad de Otavalo son las conocidas como cable operadoras locales y operadoras nacionales de televisión satelital.

Las operadoras de cable de la ciudad son dos, MULTICABLE S.A. y CONTINENTV, dos empresas que constituye el mercado de la televisión por cable en la ciudad, la programación y sus costos están indicadas a continuación.

**TABLA 19:** Oferta de cable operadoras locales de Otavalo.

EMPRESA	OFERTA	SUSCRIPCIÓN	MENSUALIDAD
<b>MULTICABLE S.A.</b>	41 canales TV (7 nacionales, 1 regional y 33 extranjeras)	0 USD	18.65 USD
<b>CONTINENTV</b>	50 canales de TV	20.00 USD	20.00 USD

**Fuente:** elaboración propia

Algunos datos adicionales que destacar son que tanto en la empresa MULTICABLE y CONTINENTV la instalación es efectuada inmediatamente previa una inspección de la cobertura de la red al domicilio del solicitante.

En la empresa Multicable la instalación comprende un solo televisor y cada uno adicional tiene un costo de 1.55 USD a sumar en la factura de la mensualidad. Mientras en ContinenTV la instalación involucra, si así el cliente lo desea, a 3 televisores por el mismo valor de la mensualidad, si se desea un cuarto televisor con el servicio el costo adicional a la mensualidad es de 6.72 USD.

Otro segmento del mercado de la televisión pagada lo conforman los tres proveedores de televisión satelital. Son empresas nacionales e internacionales que tienen sus sucursales en la ciudad han incursionado hace no más de 3 años. Empezando por la empresa que lleva más tiempo en el mercado otavaleño la tabla siguiente informa de los planes que ofertan cada una de ellas.

**TABLA 20:** Oferta de proveedores de televisión satelital en Otavalo.

EMPRESA	OFERTA	SUSCRIPCIÓN	MENSUALIDAD
<b>DIRECTV</b>	Paquete plata: 76 canales de TV + 36 canales de audio	30.00 USD	
	Decodificador estándar		34.78 USD
	Decodificador HD		38.70 USD
	Decodificador HD grabador		47.10 USD
	Paquete oro: 106 canales de TV + 36 canales de audio	30.00 USD	
	Decodificador estándar		
	Decodificador HD		45.08 USD
	Decodificador HD grabador	49.00 USD	
	Paquete bronce: 56 canales SD de TV + 36 canales de audio	----	57.40 USD
<b>CNT TV</b>	Plan súper: 50 canales de TV y 10 canales de audio.	22.40 USD	15.00 USD
	Plan súper + total 1: 84 canales de TV	22.40 USD	23.00 USD
	Plan súper + total 2: 83 canales de TV	22.40 USD	23.00 USD
	Plan de 91 canales de TV o 98 canales de TV	22.40 USD	33.00 USD
	Plan de 107 canales de TV	22.40 USD	46.00 USD
<b>CLARO TV</b>	claroTV 18: 45 canales de TV +10 canales de audio.	30.00 USD	23.18 USD
	claroTV 25: 58 canales de TV +10 canales de audio.		32.20 USD

**Fuente:** elaboración propia

Cabe señalar algunos datos adicionales, CNTTV es un producto de la empresa pública de Telecomunicaciones, donde la instalación se realiza a un solo televisor, puesto que el decodificador es único para cada artefacto. Si el cliente desea señal para un televisor adicional debe solicitar un decodificador por un costo de 6.72 USD que se aumenta a la mensualidad.

Caso similar ocurre con en directTV, el televisor adicional tiene un costo de 6.72 USD que equivale a un decodificador y el plan bronce puede ser activado a partir del tercer mes de consumo de cualquiera de los otros planes ofrecidos. Además tanto en directTV y claroTV es prescindible disponer de una cuenta bancaria para solicitar suscripción, no aplican ninguna cuenta de las cooperativas de crédito de la ciudad.

## 2.7 PROVEEDORES DE SERVICIO DE INTERNET EN OTAVALO

El internet es otro servicio que atrae a los encuestados sobre todo si no hay necesidad de realizar múltiples conexiones, por lo que el diseño de la red debe considerar sistemas más completos que permitan ofrecer una paquetes de servicios de de TV, internet y telefonía. A pesar de que este último no generó mucho interés por parte de la población.

Este sector del mercado otavaleño en servicio de internet dispone de dos proveedoras locales, dos nacionales y una regional. La tabla 21 resume algunos datos informativos de cada una de ellas.

Por acotar, las proveedoras de internet que operan en la ciudad de Otavalo ofrecen una media de velocidad ofertada de 2 Mbps para descarga y 512 Kbps para subida de datos, con un promedio de compartición de 8 a 1, a través de enlaces inalámbricos desde los puntos de accesos repartidas por toda la ciudad.

**TABLA 21:** Planes residenciales de los ISP que operan en la ciudad de Otavalo y sus alrededores.

Empresa	Tecnología de acceso	Planes residenciales	Compartición	Precio
ASEFINCO S.C. FLASHNET	INALAMBRICA	básico: 1/1 Mbps	2:1	20,00
	802.11 a/b/g	especial: 3/3 Mbps	2:1	60,00
Red digital	INALAMBRICA	básico: 2.2/1 Mbps	8:1	20,00
	802.11 a/b/g	especial: 6/3 Mbps	8:1	60,00
CNT EP	Cobre ADSL2+	básico: 2/0.5 Mbps	8:1	20.16
		esp.: 6/0.5Mbps	8:1	55.89
puntoNet	INALAMBRICA	Bás.: 2.2/2.2 Mbps	6:1	24.90
	802.11 a/b/g	especial: 5/5Mbps	6:1	49.90
Saitel	INALAMBRICA	básico: 2/2 Mbps	8:1	17.90
	802.11 a/b/g	especial: 8/8Mbps	8:1	75.00

**Fuente:** elaboración propia

A nivel de cliente se instala un equipo CPE (equipo local de cliente), que corresponde a una pequeña antena ubicada, generalmente en la terraza de la vivienda, del cual se depende un cable de red hasta la computadora o hasta un equipo Wi-Fi para conexión inalámbrica.

Por otra parte, el único proveedor a aves de conexiones cableadas, la ofrece la empresa gubernamental CNT, en donde el cliente que dispone de una línea telefónica, puede conectar a la Internet a través de un Modem Telefónico. Por ende, una ventaja sustancial de las empresas que brindan servicio de Internet en Otavalo por medios inalámbricos, es la cobertura, pues se puede llegar a lugares más remotos, donde al momento no se tiene tienen conexiones telefónicas.

Con estas apreciaciones y en función al interés que la población demostró en las encuestas, poner en marcha sistemas que integren servicio de Internet a través de la red cableada de Multicable sería muy viable, puesto que para el año 2020 se registrarían aproximadamente 2500 usuarios de catv e Internet.

## **2.8 EMPRESAS DE TELEFONÍA FIJA EN OTAVALO**

En la ciudad, la única empresa que brindad servicio de telefonía fija convencional es la empresa pública CNT EP que además brinda servicio de Internet y televisión satelital. Respecto a la telefonía únicamente, no existen diversidad en planes residenciales, tradicionalmente el usuario puede establecer una llamada el tiempo que desee, sin algún tipo de limitación por ancho de banda u otros factores limitantes, lo que se considera para el pago mensual es la suma de llamadas realizadas mas la pensión básica de 6.20 USD. La contratación del servicio depende si existen disponibles líneas telefónicas en el cajetín más cercano.

## **CAPÍTULO III**

### **3 DISEÑO DEL SISTEMA HÍBRIDO FIBRA ÓPTICA-COAXIAL (HFC) DE LA EMPRESA MULTICABLE OTAVALO**

El tercer capítulo del presente trabajo contiene inicialmente la información acerca de los desarrollos tecnológicos que permitieron convertir las tradicionales redes analógicas de difusión de televisión por cable en nuevos, mejorados y completos sistemas digitales de gran capacidad capaces de manejar servicios de interactivos de IPTV, por ello esta parte del trabajo describe las técnicas de compresión MPEG, digitalización, arquitecturas y protocolos IPTV, estándares de comunicación coaxial DOCSIS 3.0 y la fibra óptica como medio de transmisión ideal para redes de acceso en HFC. Con la información recopilada, en la segunda parte de este capítulo se presenta una propuesta de diseño de la red híbrida coaxial y fibra óptica (HFC) para la empresa MULTICABLE S.A. considerando para su cobertura la red coaxial desplegada actualmente con extensiones adicionales hacia las parroquias donde el estudio de mercado del capítulo 2 considera como clientes potenciales. En el diseño de la red HFC se determina la capacidad del sistema (dimensionamiento de tráfico), elección de la topología, el tipo de cable de fibra óptica, el tipo de tendido y se calcula las atenuaciones y niveles de señal por cada tramo de la red óptica.

#### **3.1 RAZONES PARA MIGRACIÓN A REDES HÍBRIDAS DE FIBRA ÓPTICA Y CABLE COAXIAL EN LAS OPERADORAS DE CABLE**

El declive de vídeo analógico y el uso de ancho de banda disponible para otros fines, ofrece un enorme potencial para nuevos servicios que estén disponibles. El uso flexible del ancho de banda para diferentes servicios en múltiples formatos es una motivación esencial del surgimiento de redes HFC que a su vez permitirá ampliar el conjunto de servicios ofrecido por HFC, para ello ciertos cambios en la red actual son necesarios, en tanto el acceso y el transporte.

Desde el punto de vista del consumidor, en los últimos años se ha comentado en gran medida aquellos avances en el ámbito de las tecnologías de la información, mucho más evidente es el desarrollo de equipos de gran capacidad, manejo intuitivo, tamaño reducido y cierto grado de inteligencia artificial, que al contrario de lo que ocurría en los años 90, a parte de la dificultad en la adquisición por razones económicas, simplemente no se los encontraba en el mercado. En la actualidad la persona que disponga de recursos para adquirir uno de ellos, tengan o no necesidad en el uso, puede escogerlos de una gran variedad de teléfonos móviles inteligentes, equipos de juegos virtuales portátiles (PDA), reproductores de música y video, computadoras portátiles, etc.

Esta situación ha provocado que el usuario vea un mejor sentido de entretenimiento en servicios que facilitan interactuar con el contenido que adquiere. Aspecto que es casi imposible en los sistemas tradicionales de televisión por cable, donde el suscriptor está atado a una programación ya establecida por el proveedor.

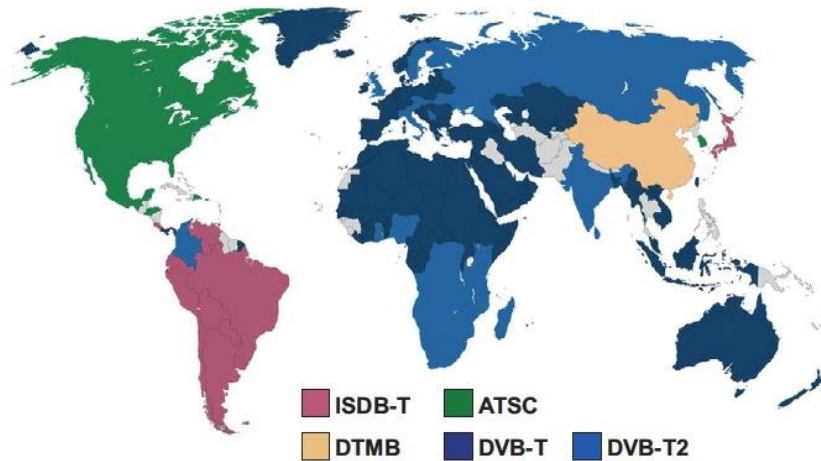
### **3.1.1 DIGITALIZACIÓN DE LA RED DE CATV**

Una de las mayores revoluciones en materia de las telecomunicaciones es la digitalización, si se enfoca al sector de la televisión, se refiere a la codificación digital en la fuente. A más de su ventaja en un mejor aprovechamiento del medio de transmisión, implica un cambio sustancial en el rol del público de cara a un servicio universal, así como del rol de la industria audiovisual como principal productor de contenidos difiriendo en gran medida con la concepción unidireccional y generalista de la televisión tradicional que actualmente consumimos en la mayoría de los hogares ecuatorianos.

En función del medio y modo de transmisión existen tres formas de televisión digital: televisión digital terrestre, televisión digital satelital y televisión digital por cable, estos dos últimos pertenecen a su vez al grupo de televisión por paga, mientras la primera hace referencia a un servicio público 'gratuito'.

La televisión digital terrestre (TDT) es el término que ocupará lo que hasta ahora conocemos como televisión nacional abierta. Para ello la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) está impulsado la transición análoga-digital denominado "apagón analógico". Según consta en el Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre aprobada en octubre del 2012, establece que en Ecuador el "apagón analógico" concluirá en diciembre de 2018. Para ello La primera fase de la transición a la TDT se cumplirá hasta diciembre de 2016, en las ciudades con mayor concentración poblacional (Quito, Guayaquil, Cuenca) y hasta diciembre de 2018 se realizará el cambio definitivo a la llamada 'era digital' (El Telégrafo, 2014: párr. 2).

La norma técnica que rige la TDT en el Ecuador es el estándar japonés con variaciones brasileñas, ISDB-T/SBTVD (Radiodifusión Digital terrestre de Servicios Integrados /Sistema Brasileño de Televisión Digital).



**IMAGEN 41:** Distribución de estándares de televisión digital a nivel mundial.

Recuperado de:

<http://www.panoramaaudiovisual.com/wpcontent/uploads/2012/03/Estandares-tv-digital.jpg>

Los países europeos comenzaron con la aplicación del estándar DVB-T (Difusión de Video Digital – Terrestre, del inglés Digital Video Broadcasting – Terrestrial) y están evolucionando al DVB-T2. Los países norteamericanos han optado por el estándar ATSC (Comité de Sistemas de Televisión Avanzada, del inglés Advanced Television System Committee). En China, el sistema de Televisión para terminales fijos y móviles, DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast). Japón ha conseguido que muchos países acojan su sistema ISDB-T, así en América del Sur, salvo Colombia y Panamá, se ha impuesto el sistema ISDB-T con pequeñas variantes para Brasil.

Un requisito obligatorio para recibir las señales TDT es la capacidad de sintonización de señales digitales en los televisores o en su defecto el usuario deberá adquirir un decodificador (Set Top Box, STB) para transformar la señal digital en analógica que es lo que soportan los televisores antiguos.

Por otra parte, la mayoría de las transmisiones audiovisuales por satélite están codificadas digitalmente para luego transmitirla a una amplia zona geográfica por medio de satélites de comunicaciones, diferente a las transmisiones por televisión terrestre, cuyas ondas no salen de la atmósfera, o la televisión por cable, basada en la transmisión a través de redes de fibra óptica y cable coaxial.

Para recibir la Televisión Digital vía satélite es necesario disponer de una antena parabólica correctamente orientada al satélite de comunicaciones correspondiente, un dispositivo de selección de bandas y amplificación denominado LNB y de un sintonizador de canales digitales (para canales "en abierto") o un decodificador (para canales pertenecientes a alguna plataforma de pago).

Las señales enviadas por el satélite son comprimidas y codificadas en formatos DVB ó MPEG2 para audio y video, que al llegar al receptor satelital son descomprimidas, decodificadas y demultiplexadas.

El formato DVB (Digital Video Broadcasting) es el estándar europeo de emisión en los medios de telecomunicación vía satélite. Utilizando un formato de compresión MPEG-2 permite obtener imágenes digitales de máxima calidad en tiempo real además de audio estéreo digital y datos. Mediante este formato se puede consultar información de canales como la programación televisiva, estado de nuestras cuentas bancarias y muchos otros contenidos interactivos.

Finalmente los avances más recientes y considerada una tendencia es la introducción de señales digitales en las redes de cable. Los beneficios principales para el usuario final será la calidad de imagen mejorada ya que se pretende facilitar la migración a los estándares de televisión de alta definición (HDTV) en cuanto la tecnología tenga mayor difusión y aceptación.

La digitalización de las señales de televisión por cable implica el uso de señales digitales desde la cabecera de red hasta las instalaciones del suscriptor. A nivel de operador, la digitalización elimina el problema de la piratería en su red pues están establecidas plataformas de seguridad orientados a controlar el acceso de los suscriptores adicional al contenido que viaja por la red maneja señales codificadas.

Además un cable operador con sistemas digitales hace un uso más eficiente del ancho de banda disponible en la red, por un ancho de banda, 6 Mhz u 8 Mhz, mismo espacio en que se transmite una señal analógica de televisión se pueden enviar 4 o más señales digitales comprimidas. Se libera ancho de banda en la red para otros servicios como Internet de banda ancha, telefonía, video por demanda (VoD), etc. (CableLabs, 2013: 24).



La digitalización no fuera posible si no se tuvieran adecuadas técnicas de codificación y compresión, en el campo de las señales audiovisuales, las técnicas que garantizan que un dato comprimido tenga la suficiente información para un usuario remoto puede descomprimir, visualizar e interpretar un video sin alteraciones, son las conocidas como MPEG que se las analizará más adelante.

En el lado del suscriptor, un servicio digital se refleja en una notable mejora en la cantidad y calidad de la señal, tanto en audio como en video. Se tiene acceso a una guía digital de programación que facilita la búsqueda de programación y la interactividad del usuario con su proveedor.

### **3.1.2 INTERACTIVIDAD DE LA TELEVISIÓN**

La digitalización, como se mencionó anteriormente, es un proceso que permite optimizar el ancho de banda, siendo este un recurso que determina cantidad de información transmitida; con técnicas de codificación y compresión, la información que viaja por el medio ocupa un espacio mucho menor, lo que posibilita el aumento de contenido y/o facilitar vías de retorno para el transporte de datos upload (subida) desde un equipo de usuario hacia la fuente o central de información. La información que se origina desde el usuario y que puede modificar el comportamiento o desarrollo de un sistema se conoce como interactividad, y en el sector televisivo el producto se conoce como televisión interactiva, sus variantes son las siguientes.

El primer nivel de esta interactividad (Sistemas de Baja Interactividad) entre el usuario y el operador lo brindan ya las empresas de TV satelital, básicamente se trata de la implementación de una Guía de Programación Electrónica, EPG (Electronic Program Guide) (UIT-R BT.2025, 2012: 5).

Como Sistemas de Interactividad Media podemos encontrar a los teléfonos móviles que permiten navegación web, redes sociales, correo electrónico, pero con sus limitaciones en capacidad presentando un serio inconveniente al momento de incluir aplicaciones como TV Móvil. Tecnologías como UMTS y 3G han tratado de superar las limitaciones de ancho de banda sin mucho éxito hasta el momento.

Dentro de los sistemas de Interactividad Media-Alta se consideran las operadoras de contenido audiovisual, estos sistemas facilitan al usuario negociar y acceder a los servicios ofertados desde su receptor minimizando del tedioso proceso de solicitud en algunas de las sucursales de la empresa.

Desde la comodidad de su hogar, el usuario podría elegir: ver televisión tradicional, contenido almacenado en un Grabador Personal de Video (PVR), un programa de transmisión exclusiva generalmente eventos en vivo (Pay Per View), o algún programa almacenado en un servidor de video bajo demanda (VoD) que podría convertirse en el sustituto ideal del video club sin salir de casa.

Por último hay los sistema de Interactividad Alta, éstos se las encuentran básicamente en las computadoras personales y no es viable en televisores pues para la máxima expresión de interactividad se necesitarían acoplar periféricos como el teclado y el ratón además de pantallas con muy alta resolución logrando aumentar el nivel de vínculos para poder acceder a todos los servicios, sin embargo, no es tan factible ya que un computador está enfocado a ser una herramienta de trabajo.

### **3.1.3 CONVERGENCIA DE SERVICIOS**

El mercado actual de las telecomunicaciones apunta hacia proveedores que ofertan un paquete de servicios integrados sobre una misma conexión. Independientemente del medio de transmisión, la convergencia tecnológica ha producido una integración de sectores que tradicionalmente se entendían como diferentes y que ahora conviven en su funcionamiento, tal es el caso de la telefonía y la televisión.

El fenómeno llamado convergencia sumado a la masificación de redes IP y protocolos TCP/IP para la transferencia de información, ha revolucionado el mundo de las telecomunicaciones logrando desarrollar sistemas capaces de transportar diferentes señales ya sea representativa de imagen, sonido, dato, etc., como una única forma paquetizada y representada como unos y ceros (lenguaje binario).

En ese escenario el usuario puede disponer a través de una misma red, el acceso a servicios conocidos como 3 play (voz, datos y video), mejor entendida como telefonía, televisión e internet integrada en un paquete de servicios ofrecidas por operadores Multiservicios.

## **3.2 IPTV, TENDENCIA A UN NUEVO SERVICIO DE TELEVISIÓN POR CABLE**

Las redes basadas en plataformas IP ha logrado el surgimiento de nuevas aplicaciones y servicios, en referencia a la difusión de contenido audiovisual se encuentran representadas por servicios de televisión web e IPTV.

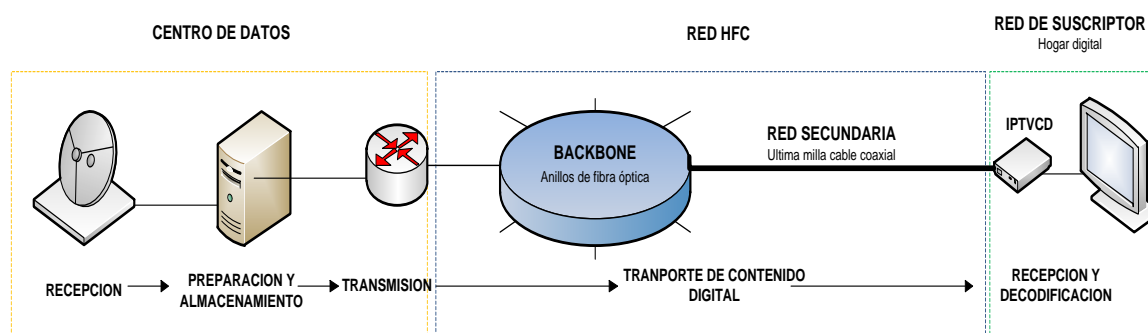
### 3.2.1 ITV E IPTV

A pesar de que ambos servicios se basan en protocolo de internet, tienen diferencias considerables. Por una parte, la televisión por la Internet (iTV o televisión web) utiliza las conexiones de Internet para transmitir vídeo desde una fuente (host u origen) hasta un dispositivo de usuario (smart TV o computador). Considerando como fuente a cualquier individuo, empresa o institución que emite una serie de programación televisiva a través de las redes globales desde cualquier parte del mundo, y que puede ser consumido por cualquier persona que tenga acceso a la Internet sin la desventaja de la limitación geográfica. Pero es importante puntualizar que el usuario, a parte del acceso a la Internet, debe disponer de receptores especializados, como televisores inteligentes, computadoras personales, tabletas o teléfonos móviles inteligentes. Limitando el abanico de potenciales telespectadores y por lo tanto del mercado final.

En el escenario IPTV el operador garantiza una calidad en la señal así como ancho de banda mínimo para ofrecer el servicio sin problemas de cortes, además de una mayor interacción gracias al canal de retorno a través del cual el operador puede comunicarse con el cliente en tiempo real para ofrecer diferentes servicios (por ejemplo, VoD, video bajo demanda). Lo que no se puede omitir, es que este tipo de solución, supone una gran inversión en la infraestructura de red utilizada.

### 3.2.2 TELEVISIÓN SOBRE PROTOCOLO INTERNET, IPTV

La IPTV (Internet Protocol Television), TELCO TV o Televisión de banda ancha es una solución tecnológica frente a contenidos e información de carácter cada vez más de gran capacidad, como por ejemplo la televisión digital en alta definición, contenidos audiovisuales personalizados, servicios integrados (3play) etc.



**IMAGEN 42:** Diagrama de bloque de un sistema de IPTV extremo a extremo.

**Fuente:** elaboración propia.

De la imagen anterior se puede determinar los sectores principales que componen la comunicación en sistemas que ofertan servicios de IPTV, la parte principal es el centro de datos, red de banda ancha y el dispositivo del suscriptor (considerado dentro de la red interna del cliente).

### **3.2.2.1 CENTRO DE DATOS IPTV**

También conocida como cabecera IP o súper Headend, consiste un conjunto de equipos diseñados para recibir, reformatear, y preparar el contenido de video para distribuirlo por la red MAN o WAN; también se encarga del monitoreo y supervisión del funcionamiento de la red cumpliendo con un requerimiento básico de las redes de cable que exigen de la red una fiabilidad muy alta. Otras de las funciones se relacionan con la tarificación y control de los servicios prestado a los abonados.

#### **Fuente de las señales.**

Como se analizó en la primera parte del capítulo 1, la cabecera de red dispone de una serie de antenas de recepción de señales, sean terrestres o satelitales. Se explicó que antenas tipo Yagi son empleados para recibir señales analógicas VHF o UHF de los canales nacionales, regionales y locales. Respecto a canales internacionales, son recibidos por una estación terrena que consta de antenas parabólicas de diferente tamaño (según banda C o Ku por donde viajan las señales) que acoplado un dispositivo de recepción y adecuación LNB permiten recibir señales satelitales para su posterior tratamiento. La recepción de señales satelitales se completan con la aplicación de un decodificador IRD (receptor y decodificador integrado) el cual recibe las señales provenientes de las antenas de satélite y actúan como demoduladores para recuperar los flujos de bits.

Por otra parte, la convergencia de servicios requiere que el sistema de televisión por cable brinde un paquete completo de servicios integrando televisión, internet (datos) y telefonía en un servicio conocido como 3play. Para ello, el contenido audiovisual se captura con los sistemas de antenas antes mencionados, además para completar el conjunto de servicios que integran 3 play, se obtienen señales de otros proveedores o carriers que otorguen los puntos de conexión a Internet y telefonía.

#### **Preparación de señales, tratamiento digital de las señales.**

Los codificadores realizan, en primera instancia, los procesos referentes a la conversión a digital de señales analógicas de audio y video de recepción satelital o local.

Su principal función es codificar y comprimir la información audiovisual, utilizando por ejemplo codificación MPEG-2, MPEG-4, H.264/MPEG-4 AVC. Luego, convierte esta información a paquetes y la encapsula en contenedores RTP que emplean tramas de transporte UDP para luego ser cargadas en paquetes IP. Finalmente, realiza el streaming de video para la etapa de transmisión.

El sistema de administración de derechos digitales (DRM) forma parte del proceso de codificación, y se encarga de encriptar el contenido e insertarlo en un contenedor de gestión de derechos digitales para impedir el uso no autorizado del contenido de esta manera, si un suscriptor copia el contenido digital que recibe, otro no podrá reproducirlo en su sistema si no cuenta con la clave o licencia para descifrar el contenido.

### **Set de servidores.**

*Servidor de licencias DRM:* Administra, autoriza, y da informes de las transacciones realizadas y gestiona el cifrado del contenido. El servidor verifica las licencias de solicitudes de contenido y autentica a los usuarios finales negando o autorizando el acceso. También proporciona información de auditoría para facilitar los pagos por los servicios.

*Servidores de video bajo demanda:* Los servidores de VoD o servidores de Medios de comunicación son equipos que pueden almacenar una gran cantidad de datos, logrando atender a una buena cantidad de clientes simultáneamente. El contenido puede ser guardado en el servidor de multicast (un único flujo es enviado a varios televidentes simultáneamente) o en un servidor unicast para los usuarios de un sistema VoD.

*Servidores de aplicaciones:* Los servidores de aplicaciones pueden contener la guía de programación electrónica, el sistema de acceso, servidor para la navegación, el portal IPTV y diagnóstico remoto de fallas.

*Servidores de Back-office:* Consisten en un amplio conjunto de elementos de soporte que realizan funciones como el aprovisionamiento de clientes, generan registros de eventos para la facturación del servicio, seguridad, desempeño de la red, histórico de eventos en la red, configuración, etc. En general, estos servidores se encargan de dar soporte a todos los procesos involucrados en el óptimo desempeño de la administración del negocio.

*Sistema de Facturación:* La base de datos de los abonados contiene toda la información específica con respecto al nivel de servicio que el usuario está autorizado a utilizar y otro tipo de información que se utilizará para la facturación (tal como dirección del cliente, información de tarjetas de crédito y así sucesivamente). Este sistema lleva la tarificación por cliente y puede emitir la factura cada cierto período para hacer el cobro del servicio.

*Sistema de Inserción de Propaganda:* El súper Headend deberá contar con un sistema que permita insertar pautas publicitarias y sobreimpresos del interés del operador.

### **Middleware.**

El software que permite la gestión de las aplicaciones interactuando con la red de acceso, la cabecera y los Set-Top-Boxes, se denomina Middleware, que además es el encargado de permitir el aprovisionamiento y la distribución de servicios de televisión interactivos. Es decir, soporta la entrega de servicios de IPTV mediante una interfaz gráfica amigable y configurable. El middleware es también responsable del control de la autenticación de los usuarios, por lo que debe estar en comunicación con los Servidores de Back-office con lo cual se puede generar registros de consumo que serán procesados para la tarificación de los servicios. En el servicio de VoD, por ejemplo, el usuario solicita una película realizando una petición a través del Middleware. Éste la autorizará o no, considerando para el efecto la cuenta de usuario, perfil, etc. Una vez completado una autenticación positiva, el Middleware le ordenará al servidor de video que realice la transmisión de la película en el horario solicitado por el cliente.

Por lo general, el Middleware y el STB operan en modalidad cliente-servidor. El componente del Middleware se encuentra en los servidores de aplicación que del Head End; por su parte, el componente cliente se ejecuta en el STB del suscriptor.

### **3.2.2.2 RED DE DISTRIBUCIÓN DE BANDA ANCHA (RED HÍBRIDA CABLE COAXIAL Y FIBRA ÓPTICA, HFC)**

La tecnología HFC se refiere a cualquier configuración de red de fibra óptica combinada cable coaxial, para redistribuir una variedad de servicios de televisión digital. La mayoría de las empresas de televisión por cable ya lo está utilizando. Redes construidas utilizando tecnología HFC son capaces de transmitir simultáneamente servicios analógicos y digitales ya que cumple con los requisitos de capacidad y fiabilidad de un sistema de IPTV.

La característica de capacidad de HFC está basado en sistemas permite a los operadores de red añadir nuevos servicios sin realizar grandes cambios a la infraestructura de red. Las características físicas del cable coaxial y de la fibra óptica favorecen a una red que opera en varios gigabits por segundo.

La arquitectura de red HFC consiste en un backbone de fibra óptica conectada a través de un nodo óptico a la red coaxial.

El nodo óptico actúa como una interfaz que conecta las señales ascendentes y descendentes que atraviesan la red de fibra óptica y el cableado coaxial. La porción de la red HFC coaxial utiliza topología de árbol-rama y utilizando derivadores TAP se conectan los suscriptores de televisión por cable HFC.

### **Red interna de usuario.**

Una red doméstica conecta a un número de dispositivos digitales dentro de un área geográfica pequeña (vivienda). Mejora la comunicación y permite el uso compartido de recursos digitales entre los miembros de una familia. El propósito de una red doméstica es proporcionar acceso a la información, tales como voz, audio, datos y entretenimiento, entre diversos dispositivos digitales de usuario, y, en un esquema de IPTV, el equipo que facilita este propósito se denomina IPTVCD.

Los Dispositivos de usuario IPTV (IPTV Costumer Dervice, en inglés) son componentes que se conecta a la red de banda ancha y son los responsables de la decodificación y del procesamiento de un flujo de vídeo basado en IP.

### **3.2.3 SERVICIOS IPTV**

Una de las características principales de la IPTV es la posibilidad de realizar interacción con el usuario. Por lo cual al contrario que en la televisión tradicional, el televidente podrá acceder a los siguientes servicios:

*Time shift TV o Pausa de TV:* TSTV es una de las posibilidades que otorgan los equipos de usuario final, llamados STB (set top box), además realizan la conversión digital analógica de las señales que reciben de la red IPTV. Propiamente, time shift TV permite al usuario pausar un programa en vivo y repetir las escenas (Replay) que haya elegido, además facilita retornar a la reproducción en tiempo real que originalmente se estaba disfrutando.

La porción del programa que se continúa emitiendo mientras el usuario repetía una escena, se almacena y se la puede reproducir si así lo desee, o continuar con la programación en vivo la cual estará desfasada en el tiempo, de acuerdo a la duración de la pausa hecha.

*Video on Demand o video bajo demanda (VoD):* Es la característica interactiva que le permite al usuario solicitar (alquilar) a su conveniencia programas tales como películas, canales para adultos, series, canales de audio, etc., sin necesidad de que el usuario esté sometido a un horario establecido por el proveedor. Esto evidencia la gran ventaja de la IPTV con respecto a la televisión digital terrestre, ofrecer contenido personalizado tal que el usuario decide la cantidad y contenido que desea contratar (servicio televisión a la carta). Para cumplir con este propósito, el servicio VoD necesita de un canal de banda ancha dedicado mientras dura la descarga y una vía de retorno siempre disponible, lo que puede producir congestión en la red en caso de películas con mayor petición de descarga.

Con el intención de economizar el uso del ancho de banda en la red, aparece una variante de este servicio conocido como near VoD, el cual se aplica cuando un determinado contenido es muy solicitado, en ese caso es posible emitir la misma petición como un canal más, para ello los clientes deben estar sincronizados con una misma emisión, el defecto que presenta nVoD es que los clientes deben adaptarse a los horarios del operador.

*Pay per View o Pague por Ver (PPV):* El servicio de PPV consiste en la factibilidad de los suscriptores en contratar un programa en particular, generalmente es utilizada para la recepción en vivo de eventos deportivos o conciertos, lo que implica que todos los usuarios recibirán el mismo flujo datos al contratar PPV. Tanto la petición del servicio VoD como PPV se la solicita a través de los STB de cliente.

*E-learning o aprendizaje electrónico:* La difusión de información audiovisual puede ser aplicada en sectores de la educación. El proveedor puede ofrecer cursos de formación representados en contenidos interactivos de documentales, cursos de inglés, etc. Convirtiéndose en una buena opción para los centros educativos.

*Personal video recorder o Grabación personal de videos, PVR:* Es la posibilidad de grabar y reproducir en cualquier momento un programa completo que el usuario haya decidido almacenar.



Los equipos STB deben además permitir saltos rápidos a un punto en particular del video pudiendo eliminar fácilmente fragmentos de emisión no deseados como la publicidad por ejemplo, en sí, un PVR posee las mismas funcionalidades que un grabador de cinta, tales como: reproducir, pausar, detener, avanzar y retroceder.

El almacenamiento puede darse de dos maneras, la primera es a través de un almacenamiento local en discos rígidos del STB, la segunda es disponer de equipos de red llamados Network PVR (nPVR) a los cuales son transparentes para el usuario, ya que están distribuidas por la red, garantizando que el contenido queda menos expuesto a la piratería.

*Guía de programación electrónica (GPE):* Establece el vínculo de interactividad entre el usuario y el servicio. La GPE comprende la agenda donde se presenta la 'parilla' de programación de los canales en vivo y contratados, técnicamente facilita el cambio de canales o zapping. La GPE es también la primera herramienta usado por el operador para promocionar y vender sus contenidos, por lo que la presentación puede ser fácilmente ajustada y actualizada con publicidad o promociones, el acceso a la guía GPE es bastante sencillo, se la realiza a través del control remoto.

Otra de las utilidades es brindar información o detalles acerca del programa que el usuario decida disfrutar, tales como: pequeña sinopsis (resumen), la duración, género, origen, director, actores, etc., a esta información adicional se la conoce como metadata y puede venir incluida en el STB o puede ser implementada por un programador de TV en la central. La metadata es aquella información descriptiva del contenido adquirido, catalogada y servida a través del entorno de la solución de IPTV.

*Canales de audio:* Algunos canales de IPTV pueden estar establecidos para la transmisión de información distinta a la de video, tal es el caso en el que el usuario puede recibir por el mismo receptor una amplia gama de contenido de audio y de gran calidad.

### **3.2.4 MODOS DE DIFUSIÓN IPTV**

A diferencia de las emisiones en broadcast (todo para todos) de las redes de cable analógicas o en transmisiones de televisión abierta ya sea analógica o digital, en un sistema IPTV un servidor está configurado para transmitir un canal IPTV a los IPTVCDs conectados, en función a si pidieron la secuencia de vídeo. Las transmisiones en IPTV se realizan básicamente en dos modalidades de difusión: unicast y multicast.

*Unicast:* Consiste en el flujo de datos audiovisuales direccionada hacia un usuario en particular en respuesta a la solicitud de servicio, generalmente unicast se aplica para el servicio de video bajo demanda (VoD).

En unidifusión o unicast, cada flujo de video de IPTV es enviado a una sola IPTVCD. Por lo tanto, si se incrementa el número de usuarios que pretende recibir el mismo canal de vídeo, a cada IPTVCD se otorgará un flujo unicast por separado. Cada uno de estas conexiones fluirán a los destinos a través de la red IP de alta velocidad. Desde una perspectiva técnica, esta configuración es bastante fácil de implementar; sin embargo, no hace uso eficaz del ancho de banda de la red.

*Multicast:* Multidifusión hace referencia a una técnica IP que permite la transmisión de información audiovisual a un grupo de clientes simultáneamente. Para ello, el cliente o miembro decide unirse y dejar los grupos multicast.

En el marco de un despliegue de IPTV, cada grupo de multidifusión es un canal de TV difundido y sus miembros equivalen a varios IPTVCDs que están viendo ese canal. Por lo tanto, cada canal IPTV es transmitido solamente a los usuarios que desean visualizar el canal. Esto mantiene relativamente bajo consumo de ancho de banda y reduce la carga de procesamiento en el servidor respecto al unicast.

### **3.2.5 COMPRESIÓN MPEG DE AUDIO Y VIDEO PARA IPTV**

Es la técnica compresión que permite a los proveedores de servicio IPTV transmitir varios canales de vídeo y audio de alta calidad sobre una red IP de banda ancha aprovechando para ello, las deficiencias naturales de los sistemas humanos respecto a la percepción visual y aural, logrando a través de la compresión reducir el tamaño de la señal original mediante la eliminación de secciones de la imagen que son imperceptibles por el ojo humano.

El nivel de compresión aplicado a contenidos de vídeo se llama "cociente de compresión" y se mide como una representación numérica, así, la relación 100: 1 significa que el tamaño del contenido original se ha reducido 100 veces. Un aspecto importante a tomar en cuenta es que al aumentar los cocientes de compresión a menudo disminuirá la calidad de la señal de vídeo resultante (Walter Ciciora et al, 2004: 78-79).

**TABLA 22:** Formatos del estándar MPEG.

<b>FORMATO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>MPEG-1</b>	El formato MPEG-1 fue desarrollado en 1988 y se utiliza principalmente para comprimir datos de video a velocidades de bits de 1,5 Mbps. MPEG-1 se utiliza para servicios tales como DAB (Digital Audio Broadcasting) y es la base del estándar MP3, que es ampliamente utilizado para la música en Internet.
<b>MPEG-2</b>	MPEG-2 es ampliamente utilizado en la entrega de televisión de calidad de emisión y almacenamiento de contenido de video en DVD.
<b>MPEG-4</b>	MPEG-4, cuya designación formal es ISO/IEC 14496, fue finalizado en octubre de 1998 y se convirtió en un estándar internacional en el año 2000. La Parte 2 de la norma se usa en dispositivos de vídeo que van desde teléfonos móviles a cámaras de vigilancia.
<b>MPEG-4 parte 10</b>	MPEG-4 Part 10, también llamado H.264AVC está diseñado para ofrecer difusión de vídeo con calidad DVD. Tanto MPEG-2 y MPEG-4 parte 10 (H.264) están desplegados más ampliamente por los proveedores de servicios IPTV.

**Fuente:** elaboración propia

La tecnología MPEG es un estándar de compresión ampliamente utilizada por comunicaciones por satélite, cable y sistemas de TV terrestre. MPEG es un acrónimo de Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento y representa una asociación de la industria que se formó para ayudar a desarrollar técnicas de compresión adecuadas para la transmisión de vídeo. El grupo fue creado por la Organización Internacional Estandarización (ISO) conjuntamente con el Consorcio Internacional de Ingeniería (IEC) y desde su fundación, el grupo ha producido una familia de normas de mayor compresión: MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 (partes 2 y 10), MPEG-7 y MPEG-21. Los más difundidos se indican en la tabla 22.

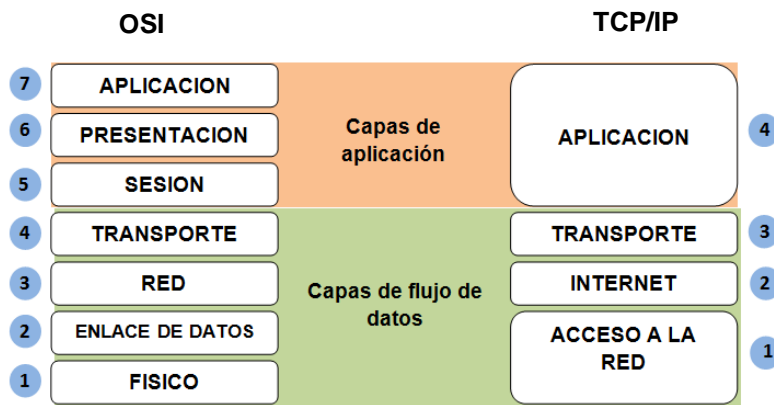
### **3.2.6 MODELO TCP/IP (PROTOCOLO DE CONTROL DE TRANSMISIÓN/PROTOCOLO INTERNET)**

El nombre TCP/IP proviene de dos de los protocolos más importantes de la familia de protocolos Internet, el Transmission Control Protocol (TCP) y el Internet Protocol (IP).

Protocolo internet (IP) permite la conexión entre origen y destino de una red de paquetes conmutados utilizando direccionamiento lógico (direcciones IP). Es un protocolo no confiable pues es no orientado a conexión y se basa en principios de mejor esfuerzo pues no realiza control de errores, control de congestión y sin garantía en la entrega en secuencia, por lo que los datagramas<sup>8</sup> pueden retrasarse perderse, duplicarse o perder la secuencia. El protocolo IP si es necesario fragmenta los paquetes. El tamaño máximo teórico de un datagrama es de 65 536 Bytes, lo que se conoce como MTU (unidad máxima de transmisión), en la práctica este tamaño puede variar en función del medio y tecnología de transmisión.

El otro protocolo que identifica esta arquitectura es el Protocolo de control de transporte (TCP), éste en cambio asegura que un paquete IP llegue de forma correcta e intacta al destino.

La arquitectura TCP/IP está basada en el enfoque por niveles del modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection, en español equivale a Interconexión de Sistema Abierto) que garantiza el acceso e interoperabilidad de equipos de distintas marcas.



**IMAGEN 43:** Capas o Niveles TCP/IP respecto a niveles OSI

**Fuente:** elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura anterior, el OSI presenta siete capas y el TCP/IP presenta solamente cuatro, debido a que TCP/IP agrupa varios de los niveles OSI en un único nivel TCP/IP. Entonces, las capas funcionales definidas en TCP/IP son:

<sup>8</sup> Un datagrama es un fragmento de paquete que es enviado con la suficiente información como para que la red pueda simplemente encaminar el fragmento hacia el Equipo Terminal de Datos.

*Capa de acceso a la red:* Conocida también como capa de host, abarca la capa física y enlace de datos del modelo OSI y se encarga de realizar procesos lógicos y físicos para establecer los enlaces físicos. Define las especificaciones mecánicas y eléctricas de los componentes de una red. Los controladores para las aplicaciones de software, las tarjetas de red, MODEM y otros dispositivos también operan en la capa de acceso de red. La capa de acceso de red define los procedimientos para realizar la comunicación con el hardware de la red y para tener acceso al medio de transmisión.

Las funciones de la capa de acceso de red incluyen la asignación de direcciones IP a las direcciones físicas y el encapsulamiento de los paquetes IP en tramas.

*Capa de internet:* Es la segunda capa de la arquitectura TCP/IP que se encarga de la comunicación de un dispositivo de red con otro, dicho en otras palabras, la conmutación de paquetes por el mejor camino (ruta). El servicio de capa internet es no orientado a conexión.

Los protocolos que intervienen en esta capa son: IP, ICMP, ARP y RARP, de las cuales el protocolo IP se encarga del enrutamiento de paquetes a través de conexiones no orientadas a conexión, más bien de máximo esfuerzo. El otro protocolo, ICMP (Protocolo de mensajes de control en Internet) suministra capacidades de control y envío de mensajes, el tercer protocolo, es decir, el ARP (Protocolo de resolución de direcciones) determina la dirección MAC a partir de las direcciones IP conocidas y finalmente el protocolo que realiza el proceso contrario al ARP, es decir, determina las direcciones IP cuando se conoce la dirección MAC se denomina Protocolo de resolución inversa de direcciones (RARP).

*Capa de transporte:* Conocido como comunicación host a host, se encarga de la conexión entre un programa de aplicación y otro. Intervienen dos protocolos, TCP y UDP. De donde el Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP) permite en un flujo unidireccional el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión y el destinatario recibirá los datos sin enviar una confirmación al emisor. Esto es debido a que la encapsulación de datos enviada por el protocolo UDP no permite transmitir la información relacionada al emisor. Por ello el destinatario no conocerá al emisor de los datos excepto su IP.

El protocolo de control de transmisión (TCP) es un protocolo orientado a conexión y proporciona el control de extremo a extremo y la confiabilidad de los números de secuencia y acuses de recibo, si los datos recibidos son corruptos, el protocolo TCP permite que los destinatarios soliciten al emisor que vuelvan a enviar los datos corruptos.

*Capa de aplicación:* Proporciona el intercambio de la información del usuario, los protocolos usados a nivel de aplicación son: El protocolo Servicio de nombres de dominio (DNS) utilizado para resolver nombres de Internet en direcciones IP, el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) para transferir archivos que forman las páginas Web, el Protocolo simple de transferencia de correo (SMTP) para la transferencia de mensajes de correo y adjuntos, Telnet usado para emular una terminal (acceso remoto a servidores y a dispositivos de red), y el Protocolo de transferencia de archivos (FTP) utilizado para la transferencia interactiva de archivos entre sistemas.

### **3.2.7 DIRECCIONAMIENTO LÓGICO**

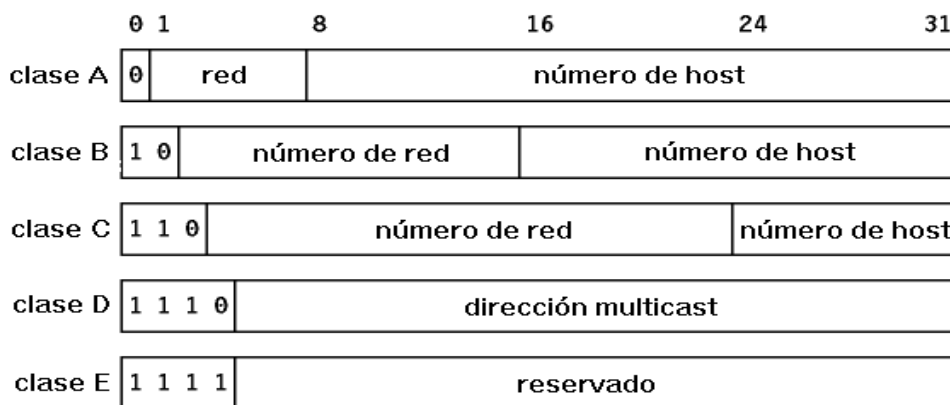
Los datos que viajan a través de sistemas de comunicación basados en arquitecturas TCP/IP se realizan en función a un número que identifica de manera lógica y jerárquica a una interfaz de un dispositivo, actualmente están en uso direcciones IP de cuarta versión y direcciones IP versión 6.

#### **3.2.7.1 DIRECCIONES IPV4**

Una dirección IP en su versión 4 consta de 32 bits, escrita generalmente con el formato de 4 números (octetos) enteros separados por puntos. Una dirección IP tiene dos partes diferenciadas: Los números de la izquierda indican la red y se les denomina netID (identificador de red) y los números de la derecha indican los equipos dentro de esta red y se les denomina host-ID (identificador de host). Los equipos de una red utilizan estas direcciones para comunicarse, de manera que cada equipo de la red tiene una dirección IP exclusiva.

El organismo a cargo de asignar direcciones públicas de IP, es decir, direcciones IP para los equipos conectados directamente a la red pública de Internet, es el ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) que fue remplazada por el IANA desde 1998.

Existen direcciones clase A B, C, D y E. organizadas según el uso en modos de difusión unicast y multicast.



**IMAGEN 44:** Clases de direcciones IP.

**Fuente:** [http://www.see-my-ip.com/tutoriales/direccionamiento\\_ip.php](http://www.see-my-ip.com/tutoriales/direccionamiento_ip.php)

Las conexiones unicast especifican una relación uno-a-uno entre un origen y un destino. Las direcciones clase A, B y C pertenecen a este grupo.

*Clase A:* Las redes de la clase A totalizan la mitad de las direcciones disponibles, son empleados para direccionamiento en redes IP muy grandes. El primer número binario en el primer octeto es siempre 0 (como se indica en la imagen 44), por lo tanto, las redes clase A van desde 1.0.0.0 a 126.0.0.0 (los últimos bytes son ceros que indican que se trata seguramente de una red y no de equipos). Esto significa que hay 126 redes de la clase A con 16 777 214 posibles anfitriones. Dentro de este rango la dirección IP 127.0.0.1 se denomina dirección loopback. Se utiliza comúnmente para localizar averías y pruebas de la red, es utilizada por el ordenador huésped para enviar un mensaje de nuevo a sí mismo (Hilbert Held, 2007: 92).

*Direcciones IP Clase B:* Se utiliza en redes de tamaño mediano. Un buen ejemplo es un campus grande de la universidad. En una dirección IP de clase B, los primeros dos octetos son 1 y 0, esto significa que existen 16 384 redes posibles que van desde 128.0.0.0 a 191.255.0.0. Los dos octetos del lado derecho representan los hosts, pudiendo contener 65.534 equipos (Hilbert Held, 2007: 92).

*Direcciones IP Clase C:* Comúnmente usados en negocios pequeños, los primeros tres bits del primer octeto son 1,1 y 0; esto significa 2 097 152 redes disponibles que van desde 192.0.0.0 a 223.255.255.0. El octeto de la derecha representa los equipos de la red, por lo que la red puede contener 254 equipos (Hilbert Held, 2007: 92).

Por otra parte, en una comunicación Multicast los enlaces se realizan por grupos denominados 'host group', donde los paquetes enviados a una dirección multicast son reenviados sólo a los miembros del grupo. Así que, cada grupo es representado por una dirección IP de clase D. Para cada dirección multicast habrá un grupo de 0 o más host escuchando los paquetes dirigidos a la misma.

*Direcciones IP Clase D:* Las cuatro primeras bits del primer octeto son 1110, por lo que el rango de redes van desde 224.0.0.0 a 239.255.255.255. Los otros 28 bits se utilizan para identificar el grupo de computadoras al que el mensaje del multicast está dirigido. La clase D totaliza 268 435 456 de las direcciones disponibles del IP (Hilbert Held, 2007: 92).

*Direcciones IP Clase E:* La clase E se utiliza para propósitos experimentales solamente. Las cuatro primeras bits del primer octeto son 1111, por lo que el rango de redes van desde 240.0.0.0 a 255.255.255.254. Los otros 28 bits se utilizan para identificar el grupo de computadoras que el mensaje del multicast está dirigido. La clase D totaliza 268 435 456 de las direcciones disponibles del IP (Hilbert Held, 2007: 92).

### **3.2.7.2 DIRECCIONES IPV6**

Para encontrar una solución a las limitaciones del régimen vigente de dirección IP, el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet IETF<sup>9</sup> lanzó IPv6 (Internet Protocol Version 6). IPv6 define una dirección IP de 128 bits (cerca de 670 mil billones posibles de direcciones IP). Las principales razones por las que un proveedor de IPTV debe usar IPv6 son:

*Mejor escalabilidad:* Permite a los proveedores de servicios IPTV ampliar su alcance en la gestión de numerosos dispositivos conectados a redes internas de casa.

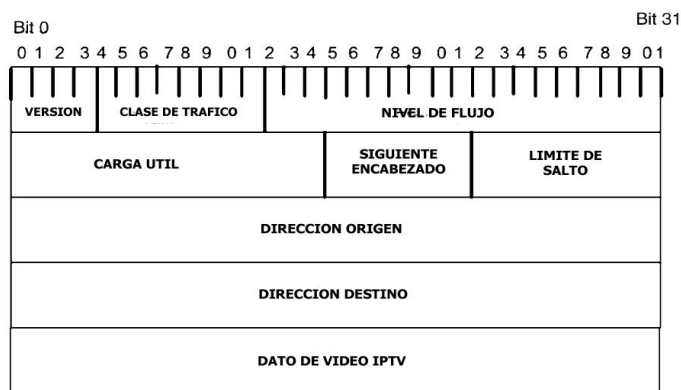
*Estructura de encabezado simplificada:* IPv6 reduce el tamaño del encabezado hasta longitud fija de 40 bytes y simplifica en gran medida la estructuración de sus campos.

*Mejora niveles de seguridad:* IPv6 tiene dos funciones adicionales como la inclusión de un encabezado de autenticación que certifica los mensajes y verifica el remitente del paquete, además de una carga de seguridad encapsulada que asegura la integridad de los datos IPTV y aplica la confidencialidad entre los servidores del centro de datos IPTV y los IPTVCDs de usuario.

---

<sup>9</sup> IETF es una organización internacional de normalización, que contribuye a la ingeniería de Internet, actuando en diversas áreas, como transporte, encaminamiento, seguridad. Fue creada en EE. UU. en 1986. El IETF es mundialmente conocido por ser la entidad que regula las propuestas y los estándares de Internet, conocidos como RFC.





**IMAGEN 45:** Encabezado IPv6

**Fuente:** [http://www.ramonmillan.com/tutoriales/ipv6\\_parte1.php](http://www.ramonmillan.com/tutoriales/ipv6_parte1.php)

*Mejor flujo de tráfico en tiempo real:* IPv6 permite a los proveedores de servicios IPTV marcar los paquetes particulares, que pertenecen a servicios específicos. Así que en un entorno de triple-play, los ruteadores son capaces de tratar por separado, así los paquetes IP de video son marcados con un identificador "diferente" mientras a los paquetes IP de datos se etiquetan como contenido Web.

*Configuración automática:* La capacidad de "plug and play" de IPv6 reduce la complejidad de la instalación de un servicio de IPTV en casa del suscriptor.

### 3.2.8 REDES IP

La comunicación entre el emisor y el receptor requiere de la interconexión de un conjunto de dispositivos (nodos) entre sí formando redes de información. Estos enlaces son posibles debido a la conmutación de paquetes que entre otras cosas, garantiza el uso eficiente de la capacidad disponible minimizando el riesgo de problemas, pero como esta técnica es dinámica, además de utilizar protocolos no confiables (IP), provoca problemas en la transmisión de datos, circunstancia a considerar si se pretende enviar contenidos de video por las redes IP. En cuanto a los tipos de redes IP, específicamente para soluciones de IPTV se consideran las redes según el tamaño: LAN, MAN y WAN.

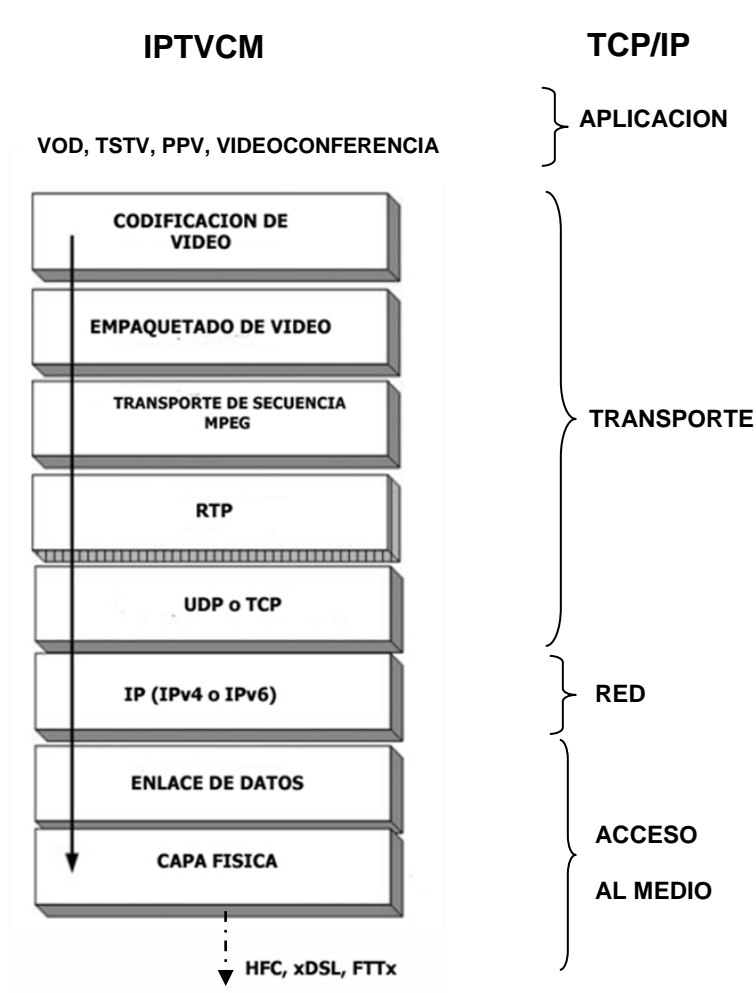
*Redes de área local (LAN):* son redes pequeñas, para comunicaciones de oficina o edificio, por su tamaño reducido las comunicaciones son más rápidas (10 a 100 Mega bits por cada segundo, Mbps).

*Redes de área metropolitana (MAN):* son redes que cubren distancias mayores a 4Km a 10 Km (ciudad).

*Redes de área extendida (WAN):* son redes de gran extensión que comunican países o continentes. Manejan gran caudal de tráfico para ello se emplean medios de transmisión más sofisticados como la Fibra óptica. Se puede considerar como redes WAN a un conjunto de redes de menor tamaño interconectadas entre sí (colección de redes LAN, CATV, telefonía).

### 3.3 MODELO DE COMUNICACIÓN IPTV (IPTVCM)

Un modelo de comunicación IPTV está formado por una pila 7 de capas, divididas en capas superiores e inferiores; las capas superiores describen las aplicaciones y los formatos de los archivos que intervienen en un sistema IPTV, mientras que los niveles inferiores abordan el transporte de contenido en tiempo real.



**IMAGEN 46:** Modelo de comunicación IPTV.

**Fuente:** [http://igcs.khcu.ac.kr/board/view.jsp?m=50026&BRD\\_NO=738105](http://igcs.khcu.ac.kr/board/view.jsp?m=50026&BRD_NO=738105)

### 3.3.1 CAPA DE CODIFICACIÓN DE VÍDEO

Es la etapa inicial, donde la señal original sea analógica o digital se codificada con MPEG obteniendo tramas de audio y video en tiempo real que a su vez contienen los flujos elementales MPEG (ES). Cada flujo elemental tiene información sobre el tipo, la tasa y la ubicación de las tramas en la pantalla.

Para la especificación de H.264/AVC el flujo elemental es una unidad VCL-NAL, de donde VCL hace referencia a la subcapa de codificación de vídeo que contiene la carga útil de video o audio, y la capa abstracta de red (NAL) formando unidades NAL para llevar información de control en un esquema IP y carga útil de video completamente en infraestructura no-ip.

### 3.3.2 CAPA DE EMPAQUETADO DE VIDEO

Las secuencias elementales de audio, datos y vídeo para ser transmitido por la red digital se convierten en un flujo intercalado de paquetes conocidos como flujos elementales empaquetados (PES) cuyo tamaño puede llegar hasta 65 536 bytes por cada paquete y su estructura se indica en la imagen 47 (Gerard O'Driscoll, 2008: 83).

Los datos codificados en MPEG utilizan dos parámetros denominados *time stamps* o marcas de tiempo para sincronizarse con los equipos terminales del abonado IPTVCD; la primera se denomina la marca de tiempo de presentación (PTS) y define cual y en qué momento se presenta un PES al televidente; mientras que una marca de tiempo de decodificación (DTS) instruye al IPTVCD respecto al momento exacto en el que empiece con la decodificación de los paquetes PES.

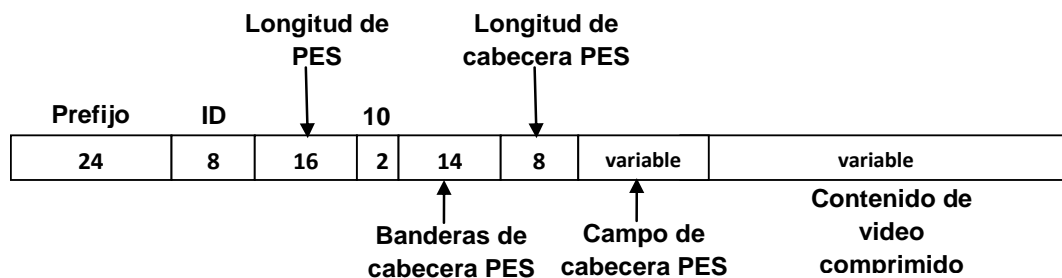


IMAGEN 47: Formato de paquete PES

Fuente: <https://intomer.kt.agh.edu.pl/~h264/formularz/formularz/description.html>

Prefijo-inicio de paquete: Un paquete inicia con un prefijo de 0x000001.

Identificador de flujo (1 byte): Indica el tipo de carga útil, 111x xxxx indica un paquete de audio, 1110 xxxx indica un paquete de video. El valor de "x" se usa para representar el número de flujos MPEG.

Longitud de paquete PES (2 bytes): Indica el tamaño del paquete.

Código de sincronización: Este campo permite sincronizar los flujos de audio y video.

Banderas de cabecera PES (14 bits): Contienen varios indicadores PES o banderas que proveen de información adicional al decodificador (set-top-box) sobre los niveles de prioridad de los paquetes PES.

Indicador de alineamiento de datos: este indicador determina si la carga PES comienza con un bit de audio o vídeo.

Información de Copyright: cuando este bit está establecido el video contenido está protegido por derechos de autor.

Original o copia: esta bandera indica si este es el contenido original.

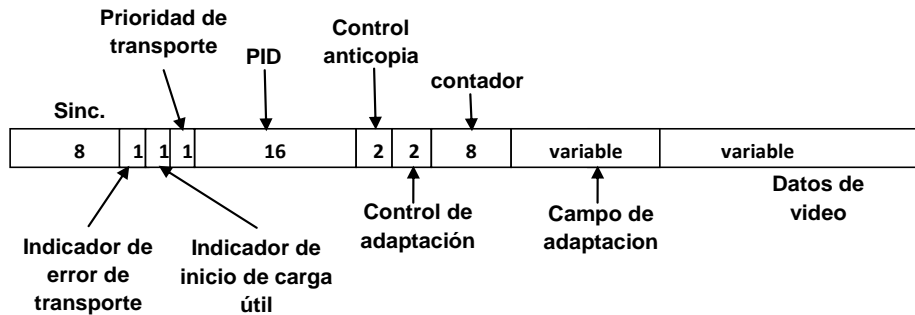
Longitud de datos de la cabecera PES (1 byte): Como su nombre indica este campo identifica el número total de bytes ocupados por los distintos campos de encabezado.

Campos de encabezado PES: Este campo contiene un número de bits opcionales.

*Carga útil:* Flujo elemental de audio y video.

### **3.3.3 CAPA DE CONSTRUCCIÓN DE FLUJOS DE TRANSPORTE**

Estos paquetes, comúnmente llamados paquetes TS, están formados a partir de un flujo continuo de paquetes PES. Un paquete TS tiene un tamaño fijo de 188 bytes de donde 184 bytes son de carga útil y 4 bytes de encabezado. Los paquetes de transporte no admiten una mezcla de medios o formatos de contenido (Gerard O'Driscoll, 2008: 85).



**IMAGEN 48:** Formato de un paquete MPEG TS.

**Fuente:** <https://intomer.kt.agh.edu.pl/~h264/formularz/formularz/description.html>

La imagen anterior indica los componentes de un TS cuyas funciones se resumen en la siguiente tabla:

**TABLA 23:** Campos de un flujo de transporte MPEG-TS.

CAMPO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN
Sincronización	1 byte	01000111 en este campo indica el comienzo de los paquetes IPTV.
Indicador de error	1 bit	Indica un error en el flujo de transporte asociado.
Indicador de inicio de c. útil	1 bit	Indica el inicio de la carga útil de video.
Prioridad de transporte	1 bit	Identifica nivel de prioridad de la carga útil.
Identificador programa (PID)	2 bytes	Identifica la secuencia al que pertenece el paquete para que el IPTVCD distinga entre diferentes tipos de paquetes.
Control anti copia	2 bits	Indica el estado de cifrado de la carga útil.
Control de adaptación	2 bits	Define la capacidad de carga.
Contador de continuidad	1 byte	Identifica pérdidas, paquetes duplicados, que podrían afectar la calidad del vídeo.
Campo de adaptación	variable	Este campo es opcional y contiene una variedad de datos que se utilizan para la sincronización y control, Una vez que la sincronización ha tenido lugar la decodificación MPEG de la secuencia de IPTV se realiza.

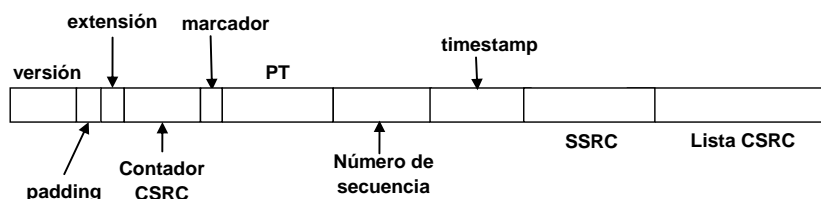
**Fuente:** Gerard O’Driscoll, (2008). Next generation iptv services and technologies (p.87).

### 3.3.4 CAPA RTP

El protocolo RTP (Real Time Transport Protocol) representa el núcleo de esta capa y garantiza la transmisión en tiempo real de contenido multimedia a través de una red IP.

RTP proporciona secuencias extremo a extremo de audio y video, encapsulando el contenido en un formato especial llamado *paquete RTP*. Cada paquete consta de un encabezado y la carga de datos IPTV, y se envían con un número de secuencia para facilitar el reordenamiento en el IPTVCD. Para mejorar la eficiencia de ancho de banda, la carga típicamente incluye más de un paquete MPEG-TS.

Un encabezado RTP se identifica con un valor 5004 en una cabecera UDP y contiene un gran número de campos organizados como se indica a continuación y su funcionalidad se describe en la tabla 24.



**IMAGEN 49:** Formato cabecera RTP

**Fuente:** <https://intomer.kt.agh.edu.pl/~h264/formularz/formularz/description.html>

**TABLA 24:** Campos de un encabezado RTP.

CAMPO	DESCRIPCIÓN
Versión (V)	Identifica la versión del RTP utilizado en el paquete de IPTV.
Relleno o padding (P)	Define octetos de relleno.
Extensión (X)	Un 1 indica que el encabezado es seguido inmediatamente por una extensión.
Cuenta de fuente de contribución (CSRC)	Contiene información sobre el número de identificadores CSRC que están incluidos en el paquete.
Marcador	Define límites de fotograma.
Tipo de carga (PT)	Indica el formato de la carga útil IPTV. Un valor de 34 identifica una carga de contenido de vídeo codificado mediante H.263.
Número de secuencia	Detecta la pérdida de paquetes en un ambiente de IPTV en vivo.
Timestamp	Inserta los paquetes de audio y video dentro de un orden correcto de flujo IPTV.
Sincroniz. (SSRC)	Identificar la fuente de sincronización en la red IPTV.
Lista de CSRC	Identifica las diversas fuentes de audio y video.

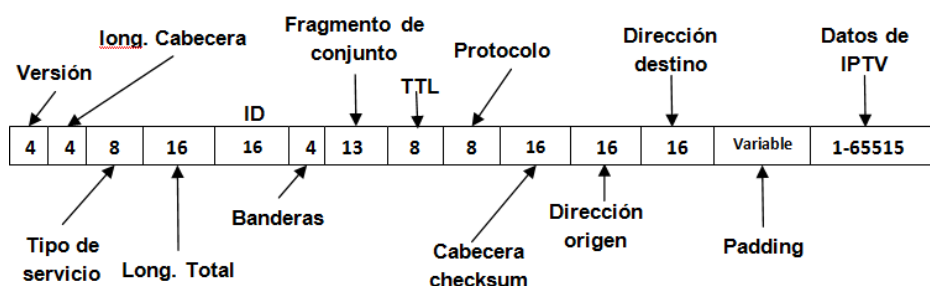
**Fuente:** Gerard O’Driscoll, (2008).Next generation iptv services and technologies (p. 94).

### 3.3.5 CAPA DE TRANSPORTE

La capa de transporte IPTV ha sido diseñada para disminuir las complejidades de de los procesos de la capa superior en una red IP. Los protocolos en esta capa sirven para la fiabilidad e integridad de los enlaces extremo a extremo. Si los datos de vídeo no se entregaron a la IPTVCD correctamente, la capa de transporte puede iniciar la retransmisión. Entonces, puede informar las capas superiores que pueden tomar las medidas correctivas necesarias. TCP y UDP son los dos protocolos más importantes empleados en esta capa.

### 3.3.6 CAPA IP

Esta capa se utiliza para enviar datos sobre rutas específicas a su destino, el protocolo IP es el más conocido, cuya función es proporcionar la entrega de paquetes a todos los servicios de IPTV. Los tipos de servicios otorgados por sistemas de unidifusión (sistemas donde los paquetes son enviados de la fuente a un solo destino IPTVCD) y sistemas de multidifusión que envían paquetes desde un solo codificador o un servidor de streaming a múltiples IPTVCDs.



**IMAGEN 50:** Formato de un paquete IPv4 con video.

**Fuente:** <https://intomer.kt.agh.edu.pl/~h264/formularz/formularz/description.html>

*Paquetes de Video IP:* Un paquete de video IP es una unidad que contiene los datos reales de vídeo y algunos detalles para conseguir el video desde los servidores del centro de datos IPTV al destino IPTVCD. La figura 50 indica los campos de un paquete IPv4 con video, adicionalmente la siguiente tabla describe la funcionalidad de cada uno de ellos.

**TABLA 25:** Campos de un paquete IPv4 con video

CAMPO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN
Versión	4 bits	Identifica la versión de IP en la red (IPv4 o IPv6).
Longitud de encabezado	4 bits	Indica donde comienza la carga de datos de vídeo.
Tipo de servicio	1 byte	Permite a los proveedores de servicios establecer el tipo de contenido en el paquete en los enrutadores.
Longitud total	2 bytes	Informa la IPTVCD de la longitud del paquete IPTV.
Identificación	2 bytes	Identifica los diferentes fragmentos del paquete original divididos por los enrutadores en casos de paquetes grandes.
Banderas	4 bits	Indica si el paquete es un fragmento, si el paquete es el último fragmento, o hay más fragmentos.
Conjunto de fragmentos	13 bits	Permite a la IPTVCD reensamblar los fragmentos en el orden correcto.
Tiempo de vida, TTL	1 byte	Elimina los paquetes IPTV en la red que son incapaces de llegar a su destino.
Protocolo	1 byte	Indica el tipo de protocolo encapsulado dentro del datagrama IP (1=ICMP, 2=IGMP, 6=TCP y 17=UDP).
Checksum del encabezado	2 bytes	Detecta y desecha los datagramas con cabeceras corruptas.
Dirección de origen	2 bytes	Dirección IP de la máquina que envió el paquete IPTV (servidor o codificador).
Dirección de destino	2 bytes	Dirección IP de la IPTVCD.
Compensación (padding).	variable	Proporciona funciones adicionales.
Datos	variable	Contenido de vídeo.

**Fuente:** Gerard O'Driscoll, (2008). Next generation iptv services and technologies (p. 109).

### 3.3.7 CAPA DE ENLACE DE DATOS

La capa de enlace de recoge los datos de la capa IP y proporciona el formato adecuado para la entrega en la red física.

La tecnología Ethernet es uno de los mecanismos más populares utilizados por los sistemas IPTV. Los tipos de funciones realizan por la capa de enlace de datos basado en redes Ethernet incluyen:



*Encapsulación:* Esta capa agrega un encabezado a los paquetes IPTV. Cabeceras de Ethernet son el tipo más común de encapsulación en la capa de enlace de datos de la IPTVCM. Los elementos de un encabezado Ethernet se explican en la tabla siguiente:

**TABLA 26:** Campos que conforman un encabezado Ethernet en IPTV.

CAMPO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN
CAMPO	TAMAÑO (bits)	DESCRIPCIÓN
<b>Dirección Ethernet destino</b>	48	Identifica la dirección de la interfaz de destino
<b>Dirección Ethernet de la fuente</b>	48	Identifica la dirección de la interfaz de origen

**Fuente:** Gerard O’Driscoll, (2008). Next generation iptv services and technologies (p. 110)

Además, La capa de enlace de datos se ocupa de las direcciones físicas del consumidor IPTV y dispositivos del servidor. Los esquemas de direccionamiento varían entre las topologías de red. Por ejemplo, un esquema de direccionamiento control de acceso al medio (MAC) es utilizado por Ethernet.

Comprobación de errores: Los paquetes corruptos son el tipo más común de error que se produce durante la transmisión de contenidos de vídeo a través de una red basada en IP. Un esquema de corrección de error denominado comprobación de redundancia cíclica (CRC) se utiliza normalmente en las implementaciones de IPTV para detectar y descartar los paquetes de vídeo corruptos. Bajo el mecanismo de comprobación de error CRC, el dispositivo transmisor de IPTV realiza un cálculo matemático en el paquete y almacena el valor resultante en el paquete.

El mismo cálculo se realiza otra vez por el dispositivo receptor de IPTV al recibir el paquete. Si los valores son iguales, entonces el paquete es procesado como normal. Si los valores son diferentes, entonces el paquete contiene errores y se descarta. Posteriormente, un nuevo paquete de video se construye y se retransmite desde el dispositivo transmisor.

Control de flujo: La capa de enlace de datos se encarga de encapsular los paquetes de capa IP en un formato que es conveniente para la transmisión a través de la red física. En la mayoría de los casos, los paquetes se encapsulan en tramas Ethernet.

La tabla 27 proporciona detalles sobre la composición de una trama Ethernet en la cual, además se puede apreciar que el resultado de sumar el número total de bytes almacenados dentro de la trama Ethernet es 1370 bytes. Por ejemplo, una trama que consta de siete paquetes TS se adapta cómodamente dentro de un tamaño máximo de 1518 bytes establecidos en la norma Ethernet (Gerard O'Driscoll, 2008: 114).

**TABLA 27:** Composición de una trama Ethernet típica que contiene vídeo MPEG-2.

CAMPO	DESCRIPCION
7 paquetes de flujo de transporte MPEG	Cada paquete tiene un tamaño de 188 bytes (184 bytes de contenido de vídeo más 4 bytes de información de encabezado). Estos siete paquetes MPEG-TS ocupan 1316 bytes (10.528 bits) de la trama.
Cabecera RTP	Esta cabecera ocupa 12 bytes de la trama Ethernet.
cabecera UDP	Esta cabecera ocupa 8 bytes de la trama Ethernet.
Encabezado IP	Esta cabecera ocupa 20 bytes de la trama Ethernet
Encabezado Ethernet	Esta cabecera ocupa 14 bytes de la trama Ethernet.
7 paquetes de flujo de transporte MPEG	Cada paquete tiene un tamaño de 188 bytes (184 bytes de contenido de vídeo más 4 bytes de información de encabezado). Estos siete paquetes MPEG-TS ocupan 1316 bytes (10.528 bits) de la trama.
Cabecera RTP	Esta cabecera ocupa 12 bytes de la trama Ethernet.
cabecera UDP	Esta cabecera ocupa 8 bytes de la trama Ethernet.
Encabezado IP	Esta cabecera ocupa 20 bytes de la trama Ethernet.
Checksum del encabezado	2 bytes
Dirección de origen	2 bytes
Dirección de destino	2 bytes
Compensación (padding).	Variable
Datos	Variable

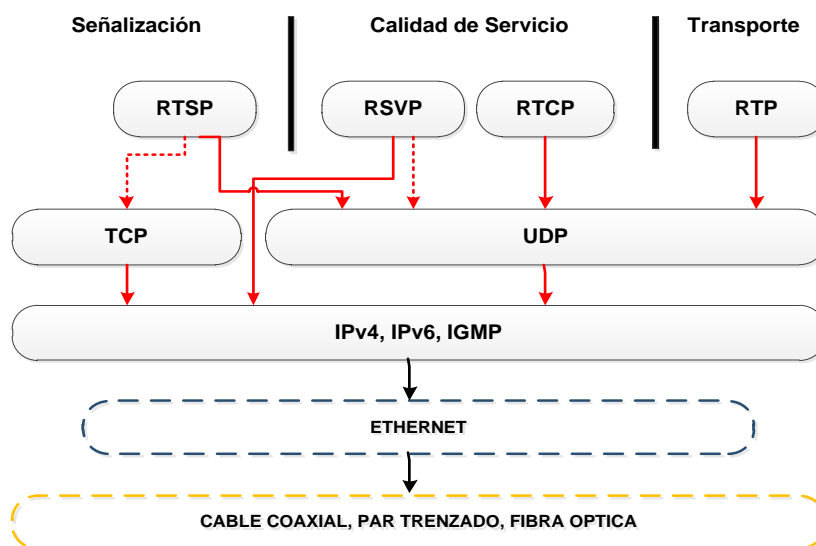
**Fuente:** Gerard O'Driscoll, (2008) Next generation iptv services and technologies (p. 111)

### 3.3.8 CAPA FÍSICA

La capa física se refiere a aspectos que coordinan la transmisión de bits digitales en la red física (por ejemplo, DOCSIS, xDSL y wireless). Se encarga de definir las estructuras de red física (topologías), las especificaciones eléctricas y mecánicas para usar el medio de transmisión.

### 3.4 PROTOCOLOS UTILIZADOS POR IPTV

En esta sección del trabajo se analiza los diferentes protocolos que intervienen para una correcta transmisión de video a través de redes de IPTV, la figura siguiente indica los mencionados protocolos.



**IMAGEN 51:** Pila de protocolos usados en un sistema IPTV

**Fuente:**

[http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2011\\_2012/Trabalhos\\_MEEC\\_2012/Artigo4/site\\_IPTV/protocolos-de-comunicacao.html](http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2011_2012/Trabalhos_MEEC_2012/Artigo4/site_IPTV/protocolos-de-comunicacao.html)

#### 3.4.1 PROTOCOLOS DE TRANSPORTE

##### 3.4.1.1 PROTOCOLO TCP

Protocolo de control de transporte (TCP) es un protocolo orientado a conexión por lo que antes de transmitir el contenido en la red, una conexión necesita ser establecida entre los servidores IPTV y los IPTVCD.

TCP complementa su capacidad para manejar y tratar con los errores que ocurren durante la transferencia de contenido a través de la red de IP. Paquetes perdidos, desordenados e incluso duplicados son los tres principales tipos de errores que se encuentran en un entorno de IPTV. Para enfrentar estas situaciones, TCP utiliza un sistema de numeración secuencial para permitir que el dispositivo emisor retransmita datos de vídeo que se hayan perdido o dañado.

Se implementa el sistema de numeración secuencial en la estructura de paquetes mediante el uso de dos campos de 32 bits. El primer campo contiene el número de secuencia inicial de los datos y el segundo campo contiene el valor del número de secuencia que el servidor de vídeo está esperando recibir desde los IPTVCD.

### **Puertos TCP.**

Cada extremo de una conexión de IPTV tiene una dirección IP y un puerto asociado. La combinación de una dirección con un número de puerto permite a un IPTVCD comunicarse directamente con uno de los servidores ubicados en el centro de datos IPTV. Un puerto se define como un número de 16 bits que identifica una dirección para pasar mensajes entre capas de red. Otro elemento clave del modelo de comunicaciones IP es el socket o zócalo. Un socket es esencialmente una interfaz de programación de aplicación (API) y se utiliza para facilitar la comunicación entre dispositivos IP.

### **Segmentos TCP.**

TCP divide una secuencia contigua de IPTV en partes más pequeñas llamadas "segmentos" y los envía por separado a través de la red de banda ancha. Una vez todos estos segmentos lleguen al destino IPTVCD, TCP rearma el contenido en su secuencia original. Cada segmento tiene dos componentes, el encabezado y los datos de video. Un encabezado es la información (puerto de fuente y destino) adjunta al segmento, le permite seguir la ruta desde el origen hasta su destino final. Mientras los datos de video contiene el contenido de vídeo.

#### **3.4.1.2 PROTOCOLO UDP**

El protocolo de datagrama de usuario (UDP) es un protocolo no orientado a conexión, lo que significa que una conexión entre el servidor de vídeo y el IPTVCD no necesita establecer la conexión para la transferencia de video a través de la red, por lo que, una red UDP utiliza un enfoque de mejor esfuerzo para obtener datos a su punto de destino. UDP utiliza unidades de datos llamadas "datagramas" para transportar contenidos en la red. Un datagrama UDP consiste de un encabezado (8 bytes) y los datos de vídeo.

Una de las ventajas de usar UDP es que el establecimiento y la desconexión entre IPTVCDs y centro de datos IPTV se lleva a cabo en un periodo de tiempo muy corto y no hay pausa en la entrega de contenido IPTV.

Apoya la transmisión unidireccional ya que UDP no requiere una vía de retorno permitiendo que empresas otorgar multidifusión de IPTV sus suscriptores. La técnica UDP es bastante fácil de implementar porque no es necesario hacer un seguimiento de los paquetes de video una vez que se envían a la red IP.

Aunque UDP es rápido y eficiente para aquellas aplicaciones donde el tiempo es esencial, la integridad de los datos no está garantizada puesto que los únicos servicios que ofrece son checksum y la multiplexación por números de puerto. Cualquier problema de comunicación que pueda surgir en cualquiera de los extremos de la comunicación necesita ser tratados de forma independiente por las aplicaciones IPTV. Problemas como la retransmisión, empaquetado, rearmado, paquetes perdidos, congestión y control de flujo no admite en la gestión de errores de UDP.

Otro inconveniente de UDP es que no puede funcionar eficazmente en presencia de ciertos firewalls de red. Muchos de estos cortafuegos bloquean información UDP creando problemas. Esto no es un asunto importante para los proveedores de servicios IPTV; Sin embargo, tiene un impacto sobre las empresas que ofrecen servicios de TV por Internet.

### **TCP o UDP para IPTV**

A pesar de la amplia gama de características ofrecidas por el protocolo TCP en comparación con el UDP, no es una opción popular para los proveedores de servicio que entregan contenido IPTV. Debido en gran medida al hecho de que la IPTV es una aplicación en tiempo real y no tolera retrasos. TCP a menudo puede introducir latencia en la entrega de contenido de vídeo IP al retransmitir paquetes perdidos, corruptos o dañados e irónicamente, la corrección de errores que se producen en una red de video IP puede en algunos casos degradar la calidad del servicio entregado a los suscriptores.

Al ser TCP un protocolo orientado a la conexión provoca demoras inaceptables para los usuarios finales que están cambiando de un canal a otro en un entorno de difusión IPTV en vivo.

Además de la cuestión de la corrección de errores y el establecimiento de una conexión lógica, TCP provee de mecanismos de soporte para controlar el flujo, es decir, la tasa de bits del servidor lo que puede causar dificultades en la transmisión y recepción de contenido IPTV.

La dificultad se produce cuando los buffers en el IPTVCD comienzan a llenarse con paquetes IPTV o se congestiona la red. Cuando estas situaciones se presentan el servidor recibe una instrucción para reducir la tasa a la que el servidor envía los paquetes en la red lo que hará imposible mostrar una imagen de vídeo en la pantalla del televisor. Si se emite un mensaje de stop, entonces el servicio de IPTV se cerrará completamente.

Estas son las principales razones por las que TCP se utiliza ocasionalmente en entornos IPTV. Sin embargo es ampliamente usada por otras aplicaciones tales como correo electrónico y descargar contenido de Internet TV para la reproducción en una fecha futura.

### **3.4.1.3 PROTOCOLOS RTP Y RTCP**

RTP está en la parte superior de las capas de protocolo IP y UDP, proporciona mecanismos de calidad de servicio (QoS) y es capaz de recuperar de problemas que pasan desapercibidos por UDP.

La arquitectura RTP incluye dos partes estrechamente vinculadas, un elemento de datos y un elemento de control. La parte de datos mantiene las propiedades en tiempo real como sincronización, reconstrucción, supervisión de entrega, seguridad, contenido la identificación y detección de pérdida.

Real-Time Control Protocol (RTCP) es la parte de control del RTP y supervisa la calidad de los servicios IPTV en tiempo real. Trabaja conjuntamente con UDP para proporcionar información feedback (retroalimentación) a los sistemas del centro de datos IPTV sobre la calidad y entrega de datos. La información de retroalimentación indica cuantos paquetes IPTV se perdieron durante el viaje por la red que provocan retrasos en la entrega de los paquetes IPTV.

En cuanto a números de puerto, los datos RTP se canalizan usando números de puerto UDP, mientras que los paquetes RTCP emplean el próximo número impar más alto. Estos números de puerto no están estandarizados; Sin embargo, como regla general RTP selecciona dinámicamente un puerto dentro de la gama 16384-32767 (Wes Simpson, 2008: 175).

## **3.4.2 PROTOCOLOS DE RED**

En una difusión multicast, los paquetes viajan por rutas trazadas por el siguiente protocolo de Gestión de Grupos de Internet (Internet Group Management Protocol, IGMP). IGMP es una parte integral del modelo de comunicación IP, que es utilizada por un IPTVCD para unirse o dejar un grupo de multidifusión. Hay tres diferentes versiones de IGMP, IGMP versión 1 (IGMP v1), IGMP versión 2 (IGMP v2) y IGMP versión 3 (IGMP v3).

### **3.4.2.1 IGMPV1**

Fue publicada en 1989, es la versión original del protocolo y fue implementado en una variedad de sistemas basados en UNIX. La versión uno es raramente utilizado en la actualidad. De hecho, la mayoría si no todas las implementaciones de IPTV usan versión 2 o la versión 3 del protocolo IGMP.

### **3.4.2.2 IGMPV2**

Desarrollada en 1997, es una mejora de la versión original y en la actualidad se usa para recibir un determinado canal de difusión de IPTV y es compatible en todas las versiones de sistemas operativos de Microsoft, así como las versiones modernas de Linux y Unix.

IGMPv2 reduce el tiempo necesario para que un enrutador de multidifusión aprenda cuales son suscriptores IPTV. Esta característica elimina los flujos no deseados, que a su vez reduce la posibilidad de congestión en la red y la entrega de video de mala calidad a los usuarios finales. IGMPv2 puede hacer explícitamente una instrucción para que libere un canal en particular.

### **3.4.2.3 IGMPV3**

Fue publicado en 2002 y considerado como una importante revisión del protocolo de sus versiones anteriores. En las versiones anteriores, un IPTVCD envía un mensaje indicando que desea unirse a un grupo en particular. El mensaje contiene la dirección IP del destino sea del grupo o del canal de difusión solicitada, y el canal es transmitido al solicitante. La dirección IP del grupo de multidifusión se obtiene normalmente de la Guía Electrónica de Programación del IPTVCD.

Durante la recepción el canal de difusión, el IPTVCD también está configurado para escuchar todo el tráfico en ese grupo de multidifusión, con IGMPv3 en lugar de especificar la dirección IP del grupo solamente, los mensajes IGMPv3 contiene la dirección IP del grupo de multidifusión y la dirección IP de unidifusión de la fuente de contenido.

En un entorno de red IPTV, la dirección IP de origen es una característica útil porque permite que los dispositivos de acceso IPTV informen a los componentes de red que sólo quieren recibir paquetes de una fuente determinada y no cualquier otra fuente, para ello IGMPv3 establece el uso de dos modos de filtrado: incluir y excluir. En el modo incluir el dispositivo sólo recibirá secuencias de difusión de las fuentes especificadas, y en el modo excluir: cuando la red filtra ciertos flujos y no la pasa por el dispositivo de acceso.

### **3.4.3 PROTOCOLO DE FLUJO DE DATOS EN TIEMPO REAL (RTSP)**

Es un protocolo de nivel de aplicación que permite a los IPTVCDs establecer y controlar el flujo IPTV.

La operación de RTSP es similar a HTTP, en el sentido de que operan en modo request/response (petición/respuesta) cuando se producen las comunicaciones entre dispositivos. Sin embargo el identificador del protocolo es diferente. Así que en lugar de utilizar el identificador http://, RTSP utiliza "rtsp" al comienzo de una dirección URL para localizar un determinado canal de IPTV o IP-VoD.

RTSP presenta un modelo cliente-servidor estableciendo tres conexiones independientes para proporcionar comunicaciones entre el cliente RTSP de un IPTVCD y el servidor IP-VoD.

Una primera conexión, denominada "fuera de banda" se establece para llevar información de control de RTSP. El protocolo de comunicación de capa de transporte utilizado por este tipo de conexión se basa en UDP o TCP.

Una segunda conexión RTP sobre una conexión UDP se establece para llevar contenido codificado de IPTV, y la tercera conexión lleva RTCP incluido en la información de sincronización UDP. Este flujo proporciona retroalimentación al servidor para garantizar calidad en el contenido entregado a la IPTVCD.



### 3.5 IPTV VÍA DOCSIS (DATA OVER CABLE SERVICE INTERFACE SPECIFICATION)

La especificación de la interfaz para datos sobre servicio de cable (DOCSIS) y su variante para Europa, EuroDOCSIS son desarrollados por el consorcio CABLELABS, una asociación sin fines de lucro que se dedica a brindar soluciones y desarrollo de tecnologías para los cable operadores, DOCSIS originalmente fue diseñado para transportar tráfico de Internet de alta velocidad en redes de área extensa.

Las especificaciones han evolucionado y la última versión de DOCSIS proporciona capacidad suficiente para apoyar la prestación de servicios de IPTV a través de redes HFC. La especificación define los protocolos y formatos de modulación (QAM<sup>10</sup>) utilizados para ofrecer servicios de banda ancha IP sobre una red de televisión por cable.

**TABLA 28:** Características versiones actuales DOCSIS.

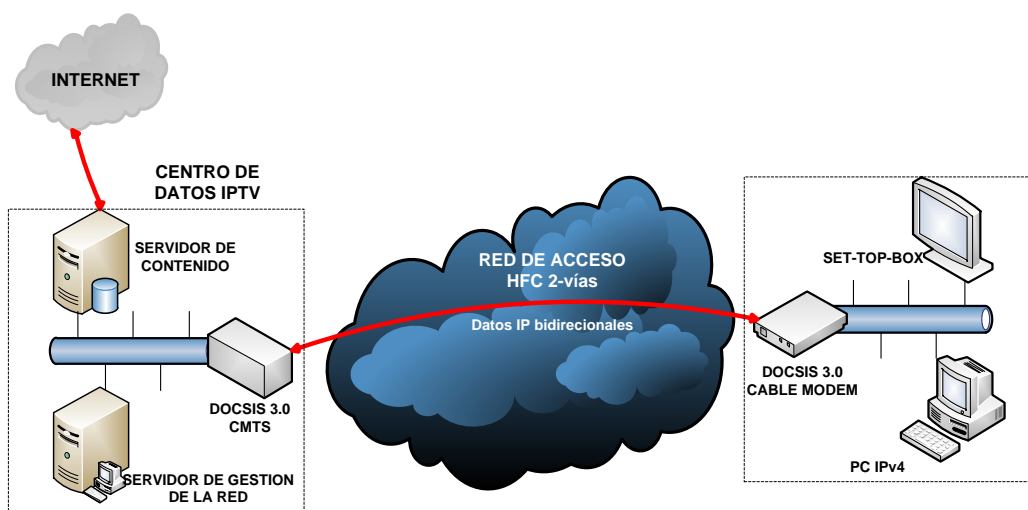
ESPECIFICACIÓN	DOCSIS 1.0	DOCSIS 1.1	DOCSIS 2.0	DOCSIS 3.0
Máxima capacidad de banda ancha downstream (Mbps)	40 y 55	40 y 55	40 y 55	160
Frecuencia para downstream (MHz)	50-750	50-750	88-870	88-1002
Máxima capacidad de banda ancha upstream (Mbps)	10	10	30	120 y superiores
Frecuencia para upstream (MHz)	5-42	5-42	5-42	5-42 5-85 (opc.)
Esquema de modulación	QPSK y 16 QAM	QPSK y 16 QAM	QPSK, 8/16/32/64/128 QAM	QPSK, 8/16/32/64/128/256 QAM
Ancho de canal ascendente (MHz)	0.2, 0.4, 0.8, 1.6 y 3.2	0.2, 0.4, 0.8, 1.6 y 3.2	0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2 y 6.4	1.6, 3.2 y 6.4. (0.2, 0.4, 0.8 opcional)
Soporte para IPv6	no	no	no	si

**Fuente:** Gerard O’Driscoll, (2008). Next generation iptv services and technologies (p. 38)

<sup>10</sup> QAM o modulación de amplitud en cuadratura adecúa una señal portadora, tanto en amplitud como en fase, en esquemas digitales a la entrada se tiene un flujo de datos binarios (cantidad de bits) que determinan N estados de modulación, de allí que se hable de N-QAM. Por ejemplo, tres bits de entrada generan 8 estados únicos de modulación o 8-QAM.

La primera revisión de la tecnología, conocida como DOCSIS 1.0, fue aprobada como un estándar por la UIT en 1998 y a partir de eso se desarrollo una familia de especificaciones DOCSIS, en la actualidad está en vigencia la tercera versión. En la Tabla 28 se presenta un resumen de las características técnicas apoyadas por cada generación de la tecnología DOCSIS.

Como se ilustra en la imagen 52, el módem de cable se comunica a través de una red HFC por un enlace bidireccional a un dispositivo situado en la cabecera denominado CMTS o sea sistema de terminación de módem de Cable.



**IMAGEN 52:** Infraestructura de red DOCSIS 3.0

**Fuente:** <http://ingenierosdetelecomunicaciones.blogspot.com/p/fibra-optica.html>

DOCSIS define dos variantes de sistemas de terminación: un CMTS integrada y un CMTS modular. Un CMTS integrada consiste en una sola unidad de interfaces RF y otra de interfaces downstream. Un CMTS modular (M-CMTS) implementa las interfaces RF y la interfaces de red; Sin embargo, el tráfico descendente se procesa por separado a través de moduladores de cable.

DOCSIS también incluye una conexión entre el CMTS y sistema de gestión de red (NMS) y sistemas de aprovisionamiento. El NMS proporciona servicios de monitoreo y gestión a la arquitectura de extremo-extremo. También se proporciona una conexión a Internet para facilitar al suscriptor el acceso al servicio de Internet de alta velocidad.

El sistema de aprovisionamiento se compone de un número de servidores que proporcionan diferentes tipos de funcionalidad de protocolo de configuración dinámica de host asignación de direcciones IP (DHCP).

La propia tecnología DOCSIS 3.0 es un estándar importante, que se desglosa en cuatro especificaciones.

- CM-SP-PHYv3.0: esta especificación se ocupa de los aspectos de la capa física de la tecnología.
- CM-SP-MULPIv3.0: esta especificación incluye los detalles de implementación para el Control de acceso a medios (MAC) y los protocolos de capa superior utilizados en un sistema DOCSIS 3.0.
- CM-SP-OSSlv3.0: esta especificación define los requisitos para configurar y administrar características en DOCSIS 3.0.
- CM-SP-SECv3.0: esta especificación final proporciona los detalles necesarios para garantizar sistemas DOCSIS 3.0 extremo a extremo.

### **3.5.1 NIVEL FÍSICO DOCSIS 3.0**

La parte del documento referente a medios físicos define las características eléctricas y las operaciones de procesamiento de señales utilizadas entre módems de cable y CMTS.

La modulación de los datos de IPTV a estos canales se logra mediante el uso de una amplia variedad de esquemas de modulación. El esquema de modulación es dependiente en el método de acceso y la dirección de tráfico de la red, es decir, downstream o upstream. Estos esquemas de solventar con las situaciones hostiles que a menudo están presentes en una red de HFC cuando se utiliza para entregar el tráfico de datos en tiempo real como IPTV.

### **3.5.2 NIVEL MAC DOCSIS 3.0**

DOCSIS 3.0 ha definido nuevas maneras de utilizar la trama MAC para apoyar las novedades que incorporan la tecnología. Una trama es la unidad básica de transferencia utilizado para la comunicación en la capa MAC entre los módems de cable y CMTS. Es de longitud variable y consta de dos partes una cabecera y el payload video. La estructura de un encabezado de trama DOCSIS 3.0 se ilustra a continuación.

FC	MAC PARM	LEN (SID)	EHDR	HCS
1	1	2	0-240	2

**IMAGEN 53:** Trama MAC DOCSIS 3.0.

Fuente: <http://www.infor.uva.es/~cillamas/sd/Curso2001-2002/SegundaPerl.htm>

De donde, cada campo cumple una función específica:

Control de trama, FC (1 byte): Este campo identifica el tipo de encabezado e identifica si un encabezado extendido (EHDR) está presente o no.

MAC PARM (1 byte): Proporciona la longitud EHDR.

LEN (2 bytes): Define la longitud de la estructura.

EHDR (0-240 bytes): Se utiliza el encabezado MAC extendido para apoyar un número de funciones, incluyendo el etiquetado de los paquetes de multidifusión IPTV y la secuenciación de los paquetes de servicio.

Secuencia de verificación de encabezado, HCS (2 bytes): Se utiliza para identificar errores de transmisión que afectan a la cabecera.

Otra ventaja importante en DOCSIS 3.0 es el channel bonding o vinculación de canales, esta técnica permite aumentar el rendimiento de los datos sobre una red HFC dando paso a que los operadores de cable implementen servicios de IPTV. Este mecanismo, divide múltiples canales más pequeños para crear un canal lógico más grande con capacidades de gran ancho de banda. Además de proporcionar mayor rendimiento en comparación con un solo canal, este mecanismo también reduce los retrasos de congestión asociados con el envío de paquetes en un solo canal. Módems por cable DOCSIS incluyen sintonizadores múltiples, que se utilizan para acceder a los diferentes canales disponibles como parte del grupo de canales asignados para uso.

El mecanismo opera simultáneamente con paquetes de IPTV a través de una serie de canales que lleguen a un módem de cable. Esto puede generar problemas de jitter y latencia (paquetes llegan fuera de orden) frente a esto DOCSIS 3.0 presenta un método de etiquetado a cada paquete con un número de secuencia, que es utilizado por el módem de cable para volver a armar la secuencia original de IPTV antes de reenviar a un set-top-box IP. El número de secuencia de paquetes es 2 bytes de longitud y en el caso de tráfico downstream se incluye en el campo DS-EHDR del encabezado MAC.

En general la gestión y asignación de canales de vinculación se encarga el CMTS. El canal vinculación es el mecanismo que puede utilizarse para la transmisión de datos downstream y upstream en una red de televisión por cable.

Otra ventaja, DOCSIS 3.0 permite a los operadores de cable utilizar multidifusión IP como un método de ofrecer sesiones de IPTV y servicios a sus suscriptores.

Para facilitar el uso de la multidifusión, DOCSIS 3.0 incluye un identificador de servicio descendente de multidifusión (MDSID), el cual permite a los módems por cable autorizados ver una secuencia de multidifusión IPTV particular. Es de 20 bits de longitud y se agrega al encabezado del paquete por el CMTS. Aplicar un MDSID a varios paquetes permite módems de cable procesar sólo los flujos multicast y streaming de IP-VoD destinados para él.

Brinda soporte para los modelos de comunicaciones multidifusión y protocolos tales como: Multicast de Fuente específica (SSM) y Versión 3 del Protocolo de gestión grupo Internet (IGMP).

### **3.5.3 PROCESO DE MÓDEMS DOCSIS 3.0**

El proceso de inicialización de un módem DOCSIS 3.0 en una red de HFC se divide en las siguientes fases:

- Una vez que se enciende el módem de cable, escanea la red para downstream y upstream.
- Después de que termine la localización de los canales, el módem de cable informa a la cabecera IP de su presencia en la red de banda ancha mediante el envío de una variedad de parámetros a los CMTS.
- Una vez que el módem de cable ha sido asignado a la topología de red, necesita estar autenticado. Esto requiere normalmente el módem de cable que envíe un certificado digital al CMTS para su validación. Una vez validado una serie de caracteres son generadas y utilizadas para cifrar los datos transferidos a través de la red.
- Después de que el módem está conectado a la red de cable, deben invocar mecanismos de DHCP para obtener una dirección IP, que forma parte del espacio de direcciones autorizadas.

- Una vez que el módem recibe una dirección IP, descarga un archivo de configuración que tiene parámetros para que el módem de cable se configure a sí mismo. Adicionalmente la información de la fecha y hora también se descarga en el módem.
- Una vez que el módem ha sido configurado y autorizado, el CMTS autoriza recursos en capa MAC y el módem puede utilizar la red como cualquier dispositivo de red Ethernet.

### **3.5.4 NIVEL DE INTERFAZ DE SISTEMA PARA APOYO DE OPERACIONES DOCSIS 3.0**

En general la especificación OSSI DOCSIS 3.0 define los requisitos para apoyar la configuración, rendimiento, seguridad y funciones de gestión, para ello proporciona mecanismos de:

Manejo de fallas: identificando, registrando y resolviendo problemas operacionales tales como inicialización y registro de datos repetitivos en el cable módem.

Gestión de la configuración: Garantiza la configuración y actualización de parámetros adecuados para el buen funcionamiento de la red.

Administración de seguridad: Fortalece la seguridad de DOCSIS reduciendo al mínimo el riesgo de que los piratas informáticos.

Gestión contable: Esta función se ejecuta por el CMTS y su principal responsabilidad es recopilar estadísticas de uso de red de un cliente autorizado. Una vez recopilada la información, los datos se pasan al sistema de facturación. El mecanismo para la entrega de uso suscriptor registros de facturación se facilita a través de un esquema que incluye el uso del protocolo IPDR. Este protocolo (Internet Protocol Detail Record) ha sido diseñado para el transporte eficiente de altos volúmenes XML basado en registros de facturación sobre una conexión de red de protocolo de Control de transmisión (TCP).

### **3.5.5 NIVEL DE MECANISMOS DE SEGURIDAD 3.0 DOCSIS**

A través de diversos mecanismos aseguran que la privacidad del suscriptor no sea comprometida, previniendo el robo de servicios IPTV. El núcleo del sistema de seguridad DOCSIS 3.0 se basa en el esquema de Baseline Privacy Plus (BPI +). La cual está en dos protocolos:

Un protocolo de encapsulación: Este protocolo codifica los paquetes IPTV además de cifrar información del protocolo, que se utiliza en el aprovisionamiento de módems de cable, DHCP, protocolo trivial de transferencia de archivos (TFTP) y varios tipos de mensajes de gestión que son transportados a través de la capa MAC. DOCSIS 3.0 proporciona cifrado del tráfico red avanzada (AES) de 128 bits (Gerard O'Driscoll, 2008: 45).

Protocolo de administración de claves (BPKM): Es un protocolo diseñado por CableLabs para garantizar la distribución de claves entre los módems de cable y CMTS. Tecnologías estándar como algoritmos de cifrado de clave pública y certificados digitales son utilizadas por BPKM para garantizar comunicaciones de claves en toda la red HFC.

El proceso de seguridad BPI+ comienza cuando el módem identifica un canal de comunicación y envía un mensaje de información de autenticación para el CMTS. Una vez que llegue el mensaje de información de autenticación en el CMTS, se verifica y el CMTS responde al módem mediante un mensaje de respuesta de autorización. Este mensaje incluye los datos de identificación y una clave de cifrado.

El BPI también utiliza una técnica llamada verificación de dirección de fuente para eliminar el problema de suplantación de IP en dispositivos de red en el hogar. Para ejecutar esta garantía, DOCSIS 3.0 especifica que se descarten cualquier paquete que se origine en un dispositivo cuya dirección IP de origen no ha sido asignado por el proveedor de servicios IPTV.

Finalmente, a pesar de las importantes ventajas de la versión 3, CableLabs está desarrollando la versión 3.1 que sustituirá a la 3.0, DOCSIS 3.1 presentará las siguientes mejoras:

- Un incremento de la velocidad hasta 10 Gbps para el canal de descarga y hasta 1 Gbps en el de subida.
- Utilización del sistema Active Queue Management para reducir los retardos en la red a medida que se incrementa el volumen global de tráfico.
- Mayor eficiencia espectral al ser capaz de transmitir hasta un 50% más de datos sobre el mismo ancho de banda.

- Mejor eficiencia energética en los equipos de la red.
- Flexibilidad a las migraciones a la nueva versión.
- Uso de multiplexación por división ortogonal de frecuencias (OFDM) con bloques de 192 MHz, formados por microcanales de 20-50 KHz.
- Modulaciones hasta 4096-QAM (Gerard O'Driscoll, 2008: 45).

Se espera que para el 2015 sea el punto de partida para el despliegue masivo de la tecnología.

En la actualidad las empresas de televisión por cable que pretenden migrar a sistemas que brinden servicios integrados, deben considerar en su diseño a la especificación DOCSIS 3.0.

### **3.6 MEDIO DE TRANSMISIÓN EN HFC, FIBRA ÓPTICA**

Por el mismo hecho de que una red HFC es un sistema compuesto por líneas troncales de fibra óptica, que a su vez, alimentan a redes coaxiales de distribución y acometida, es primordial analizar las propiedades de este tipo de medio de transmisión que se consideran al momento de planificar redes de alta velocidad, en esta sección se estudia mayormente a la fibra óptica, puesto que el cable coaxial ya se trató en el capítulo 1.

Entonces, las fibras ópticas son filamentos de vidrio de alta pureza extremadamente compactos que permiten transmitir información como pulsos de luz por medio de múltiples reflexiones internas. Como no conducen señales eléctricas son ideales para usarse en condiciones peligrosas de alta tensión. El grosor de una fibra óptica es similar a la de un cabello humano.

En la actualidad la fibra óptica es el medio de transmisión más eficaz y usada en todo tipo de aplicaciones, permite aumentar el rendimiento de los equipos y facilita la implantación de nuevos servicios que demanden el manejo de gran cantidad de información a altas velocidades.

Por ejemplo, garantiza las comunicaciones entre centrales telefónicas, entre ciudades, entre varios países o en forma de cable submarino unen continentes.

En las redes de CATV se han solucionado problemas existentes con las redes de cable coaxial sustituyendo la rama principal por fibra óptica.



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

### **3.6.1 SISTEMA DE COMUNICACIÓN CON FIBRA ÓPTICA**

Como cualquier sistema de telecomunicaciones, la transmisión por fibra óptica se forma por tres partes principales que son el transmisor, el receptor y el medio de transmisión.

#### **3.6.1.1 FUENTES O TRANSMISORES ÓPTICOS**

La fuente óptica se encarga en convertir la energía eléctrica en energía óptica (luz). Las fuentes ópticas emiten luz dentro de un rango de longitudes de onda. En este rango de longitudes de onda se encuentran lo que se denominan ventanas ópticas y están comprendidas entre 750nm y 1650 nm siendo la primera Ventana 850 nm, la segunda Ventana 1310 nm, la tercera Ventana 1550 nm y la cuarta ventana 1650 nm. El empleo de las diferentes ventanas determina las mejores prestaciones de transmisión (Roger Freeman, 2012: 456).

Para ello, es necesario enviar suficiente potencia óptica a la fibra para poder superar todas las pérdidas que sufre la señal óptica en su trayecto. Las dos principales fuentes ópticas utilizadas son: diodos LED y diodos LASER.

Diodo Emisor de Luz (LED): Los diodos LED son fuentes de luz con emisión espontánea o natural, este dispositivo emite radiación entre una región espectral relativamente amplia ocasionada una gran dispersión de luz. Debido a esto son usados típicamente cuando se requiere realizar transmisiones a cortas distancias y con poca potencia de salida, por ejemplo, en las redes LAN.

El color (longitud de onda), depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo y puede variar desde el ultravioleta, pasando por el visible, hasta el infrarrojo. La luz producida por un Led se propaga en todas las direcciones.

Diodos Láser (LD): El diodo Laser es básicamente un diodo semiconductor que produce luz de un solo color. El laser tiene mejores características de transmisión, pues tiene un patrón de radiación más directo, y por lo tanto resulta más fácil acoplar su luz en una fibra óptica. Con el laser se reduce las pérdidas de acoplamiento y permite la utilización de fibras de menor tamaño. Para fibras monomodo se utiliza como fuente el laser.

Los Láser son mucho más caros que los Leds, su comportamiento es muy sensible a la temperatura y tiene que ser estabilizado usando una apropiada realimentación que obliga a mantener el laser en un ambiente térmicamente estable, pero por otra parte el ancho de banda es elevado (hasta el orden de los GHz), alta eficiencia de acoplamiento, baja dispersión cromática ya que generan luz casi monocromática (David Ramírez, 2010: 14).

### **3.6.1.2 DETECTORES O RECEPTORES ÓPTICOS**

El detector convierte la señal óptica que procede de la fibra en señal eléctrica como primera parte del proceso de recepción; a continuación, la señal se regenera, bien para llevarla a un equipo terminal o para ser incorporada a la siguiente etapa de un repetidor óptico.

Los tipos de detectores más utilizados para un sistema de transmisión óptico son: fotodiodo PIN y fotodiodo APD.

Fotodiodo PIN: El fotodiodo PIN (Positive Intrinsic Negative, p i n) es sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja, es relativamente fácil de fabricar, altamente fiable y tiene bajo ruido.

El fotodiodo PIN se compone básicamente de unos materiales altamente conductoras (p y n) separadas por una zona intrínseca poco conductiva. El diodo se polariza inversamente para acelerar las cargas presentes en esta zona intrínseca, que se dirigen a los electrodos, donde aparecen como corriente. El proceso es rápido y eficiente.

Diodo APD: El diodo APD (Avalanche Photo Diode) también son diodos polarizados inversamente se compone de una estructura p i p n.

La luz entra al diodo y se absorbe en la capa n. Entre la unión i-p-n se desarrolla una gran intensidad de campo eléctrico. Debido al gran campo eléctrico generado por la polarización inversa, los electrones adquieren velocidades muy altas y al chocar con otros electrones de otros átomos, hacen que estos se ionicen.

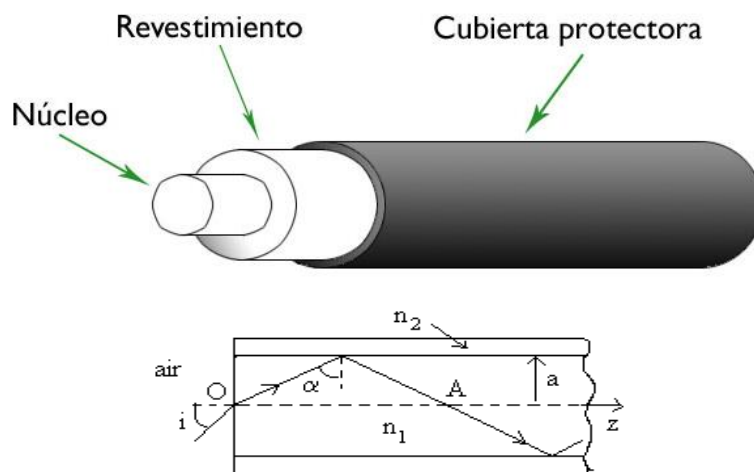
Los átomos ionizados, ionizan a su vez otros átomos, desencadenando un efecto de avalancha de corriente fotoeléctrica. Los diodos APD son 10 veces más sensibles que los diodos PIN y requieren de menos amplificación adicional. Su desventaja radica en que los tiempos de transición son muy largos y su vida útil es muy corta.

### 3.6.1.3 FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es una delgada hebra de vidrio o silicio fundido que conduce la luz. Está conformada principalmente de tres capas: el núcleo, la cubierta y el revestimiento, en la figura se puede observar una fibra óptica, de donde el núcleo (Core) es la sección central y principal en donde se produce la propagación del rayo luminoso, la Cubierta (Cladding) es una capa que rodea al núcleo, generalmente esta hecho de los mismos materiales que el núcleo pero con índice de refracción menor y su función es asegurar la conducción de la luz en el interior del núcleo. La cubierta protectora es un material de plástico adherido al revestimiento y ayuda a preservar a la fibra y evita pérdidas al proporcionar protección contra daños externos.

#### Principio de transmisión en una fibra óptica.

Como se indica en la siguiente imagen, la fibra óptica propaga luz en base al principio de reflexión interna total.



**IMAGEN 54:** Partes constitutivas de la fibra óptica.

**Fuente:** <http://www.xatakaon.com/tecnologia-de-redes/especial-comunicaciones-opticas-ii-que-es-una-fibra-optica-y-como-funciona>

Su funcionamiento se basa en transmitir por el núcleo de la fibra un haz de luz, tal que este no atraviese el núcleo, sino que se refleje y se siga propagando. Esto se consigue si el índice de refracción del núcleo ( $n_1$ ) es mayor al índice de refracción del revestimiento ( $n_2$ ), y también si el ángulo de incidencia ( $i$ ) es superior al ángulo límite ( $\alpha$ ) (Behrouz Forouzan, 2010: 185).

## **Parámetros de la fibra óptica.**

*Apertura numérica (AN):* La apertura numérica es la capacidad que tiene la fibra para captar la luz.

*Ancho de banda:* Es la frecuencia de modulación en la que la potencia óptica cae 3 dB con respecto al valor de potencia a frecuencia cero. El ancho de banda da una medida de la capacidad de transmisión de la fibra óptica (Claudio Alfano, 2013: 123).

El ancho de banda de una fibra óptica es limitado por los mecanismos de dispersión que distorsionan la señal óptica transmitida y limitan la capacidad de transmisión de información porque los pulsos se distorsionan y se ensanchan, solapándose unos con otros y haciéndose indistinguibles para el equipo receptor. El factor de merito se expresa en MHz x Km o GHz x Km (Walter Ciciora et al, 2004: 551).

*Perfil del índice:* El perfil del índice de una fibra óptica es una representación gráfica del índice de refracción del núcleo. Hay dos tipos básicos de índices: escalonado y gradual. Una fibra óptica de índice escalonado tiene el núcleo con un índice de refracción uniforme, el núcleo está revestido por otra capa de silicio con un índice uniforme y de menor magnitud que el núcleo. En una fibra óptica de índice gradual la magnitud del índice del núcleo es variable, va desde un valor máximo en el centro, descendiendo gradualmente hasta llegar a igualar el índice del revestimiento del núcleo.

## **Tipos de fibra óptica.**

Las fibras ópticas utilizadas actualmente en el área de las telecomunicaciones se clasifican fundamentalmente en dos grupos según el modo de propagación: Fibras Multimodo y Fibras Monomodo.

*Fibras ópticas Multimodo (MM):* Son aquellas que pueden guiar y transmitir varios rayos de luz por sucesivas reflexiones, (modos de propagación). Los modos son formas de ondas admisibles, la palabra modo significa trayectoria.

Esta fibra se diferencia de la fibra monomodo solo por el tamaño de su núcleo siendo mucho mayor (50 a 85  $\mu\text{m}$ ). La longitud de la trayectoria para diferentes modos es distinta, lo que implica tiempos de desplazamiento mayores o menores dependiendo de la trayectoria seguida por el rayo, así señales que entran al mismo tiempo en la fibra salen en tiempos diferentes (Claudio Alfano, 2013: 128).

En fibras ópticas Multimodo de índice escalonado se puede tener anchos de banda de 10 a 50 MHz x Km y fibras de índice gradual permite cientos de MHz x Km a varios GHz x Km (Claudio Alfano, 2013: 128).

*Fibras ópticas Monomodo (SM):* Son de índice escalonado por lo que pueden guiar y transmitir un solo rayo de luz (un modo de propagación) y tiene la particularidad de poseer un ancho de banda elevadísimo (más de 10 GHz). En estas fibras monomodo cuando se aplica el emisor de luz, el aprovechamiento es mínimo, también el costo es más elevado, la fabricación difícil y los acoples deben ser perfectos (Claudio Alfano, 2013: 128).

El núcleo tiene un diámetro alrededor de 5µm a 10µm y el de la cubierta de 125µm. Para que una fibra sea Monomodo el diámetro del núcleo debe ser aproximadamente igual a la longitud de onda de la portadora óptica. Las fibras Monomodo operan en la 2da (1310nm), 3era (1550nm) y 4ta (1625 nm) ventana y se emplean normalmente en enlaces de largas distancias (hasta 100 km) (Claudio Alfano, 2013: 128).

### **Tipos de cables de fibra óptica para tendido aéreos.**

Sea monomodo o Multimodo, el cable de fibra óptica a emplearse en tendidos aéreos tienen características adicionales, a continuación se describen los tipos de cables que se pueden encontrar en el mercado para la construcción de una red de fibra óptica aérea.

OPGW (Optical Ground Wire): Es un cable mixto compuesto por una parte óptica y una parte metálica. La parte óptica, constituida por fibra óptica y elementos de protección y cableado, lleva a cabo la función de enlace de telecomunicaciones y, la parte metálica realiza la función de cable de tierra de la línea aérea de alta tensión (John Santamaría y Vladimir Álvarez, 2012: 43).

Cable ADSS (All-Dielectric Self-Supporting Aerial Cable): Cable totalmente dieléctrico autosoportante. Cable Aéreo de Alta Fuerza de Tensión, disponible hasta 576 fibras. Vanos Extra Largos (> 1800 m). Beneficios económicos en aplicaciones de vanos cortos. Diseñados como sistema de solución integral (Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá [ETB], 2014: 5).

Auto soportado con cable mensajero (Figure 8 loose tube): Cable efectivo para ser instalado en vanos<sup>11</sup> hasta de 150 metros (Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá [ETB], 2014: 5).

### **Inconvenientes de la fibra óptica.**

*Atenuación:* La atenuación en el interior de una fibra se define como la relación entre las potencias luminosas a la salida y a la entrada, expresada en decibelios y calculada para determinada longitud de onda, en palabras sencillas, es la cantidad de luz que se pierde en la transmisión. Además de la atenuación se presentan otro tipo de pérdidas en la fibra óptica; pérdidas intrínsecas y extrínsecas.

*Pérdidas intrínsecas:* Una de las razones por las que se dan pérdidas al interior de la fibra es debido a la absorción cuando el núcleo como el revestimiento absorbe la luz y la transforman en calor.

Además la fibra óptica presenta irregularidades microscópicas que provocan la difracción de los haces de luces debido al choque con pequeñas partículas. El resultado de la difracción provoca que la luz se disperse en muchas direcciones, y algo de luz se escapa por la cubierta y esto representa una pérdida de potencia.

*Pérdidas extrínsecas:* Se dan generalmente por quiebres bruscos, curvaturas excesivas y los desniveles que puedan sobretensionar el material. La fibra óptica admitirá un radio de curvatura de 10 veces el diámetro exterior del cable cuando no esté sujeto a carga de tensión y 20 veces el diámetro exterior cuando esté sujeto a carga de tensión.

Curvaturas más pequeñas (microcurvaturas) de suelen producirse por variaciones de temperatura bruscas, lo que crea dilataciones y contracciones en los elementos, originando pequeñas imperfecciones en las superficies de las fibras, provocando que la luz se desvíe y no se produzca la reflexión total interna.

Pérdidas extrínsecas se dan también debido a un mal corte, el desalineamiento de los núcleos de las fibras, burbujas de aire, etc. Que pueden ocurrir entre 2 fibras empalmadas. Los empalmes mecánicos tienen generalmente las mayores pérdidas, en el rango que va desde 0.1 dB a 1 dB, dependiendo del tipo de empalme. Los empalmes por fusión tienen pérdidas más bajas, menores que 0.1 dB (Oscar Santa Cruz, 2014: 19).

---

<sup>11</sup>Vano o span es la distancia máxima entre apoyos (postes, torres) que se van a tener en el enlace.

El tipo de conector utilizado, la suciedad o los contaminantes del conector y una instalación inapropiada del conector provocan también pérdidas en el rango que va desde 0.3 dB a 1.5 dB (Oscar Santa Cruz, 2014: 19).

*Dispersión:* La dispersión es la causante del ensanchamiento de los pulsos de luz cuando se propagan por la fibra óptica produciendo solapamiento de los pulsos y provocando errores en el receptor. Una primera razón se debe a que las fuentes de luz disponibles no emiten una sola frecuencia, sino un cierto espectro de un determinado ancho de banda (dispersión cromática).

Otra razón y se da solamente en fibras Multimodo es que los rayos de luz viajan en diferentes trayectorias dentro de la fibra y no realizan el mismo recorrido, provocando que las distancias sean diferentes y por tanto que unos lleguen antes que otros (dispersión modal).

Una tercera razón, que se genera en fibras monomodo únicamente sobre todo en aquellas que trabajan a velocidades mayores de 10 Gbps, es la dispersión en modo de polarización, ésta presenta vibraciones en distintas direcciones, las cuales determinan distintas velocidades a propagarse (Oscar Santa Cruz, 2014: 20).

Esta variación en la velocidad se produce por las características birrefringentes de la fibra óptica. La birrefringencia (o doble refracción) es el cambio en el índice de refracción de los ejes transversales de la fibra, llamados ejes de birrefringencia.

#### **3.6.1.4 EMPALMES**

El empalme es una técnica que se utiliza para unir dos fibras ópticas mediante la fusión de los extremos de las fibras o gracias a dispositivos mecánicos que las mantienen unidas y alineadas. En función a esto existen actualmente dos métodos de empalmes: Empalme por Fusión y empalme Mecánico.

*Empalme por Fusión:* Consiste en unir las fibras al calentar los dos extremos hasta el punto de fusión utilizando un dispositivo denominando empalmadora de fusión la cual a su vez se encarga de alinear con precisión los extremos de las fibras. Luego genera una descarga eléctrica que es producida por 2 electrodos, causando que las fibras se ablanden y se fundan simultáneamente para formar un hilo continuo.

Una buena empalmadora de fusión proporcionara empalmes consistentes, con bajas perdidas, generalmente llegan a producir atenuaciones casi imperceptibles (0.01 a 0.1 dB). La desventaja sin embargo es el coso elevado (UIT-T L.12, 2000: 4).

*Empalme Mecánico:* En este caso se emplea un conector de fibra pequeño que alinea dos fibras desnudas de manera precisa y las asegura mecánicamente, este tipo de empalme se usa en el lugar de la instalación donde el desmontaje es frecuente, es importante que las caras del núcleo de la fibra óptica coincidan exactamente. . Su tamaño es aproximadamente de 6 cm de largo y 1 cm de diámetro y las pérdidas de conexión de los empalmes mecánicos son mayores que las de los empalmes por fusión (0,1 – 1 dB) (UIT-T L.12, 2000: 4).

### 3.6.1.5 CONECTORES

Los conectores son elementos mecánicos que se instalan en los extremos de las fibras cuya función es de facilitar las uniones entre fibras o conexiones a los equipos transmisores y receptores. A continuación se describen los tipos de conectores más utilizados:



**IMAGEN 55:** Diferentes conectores de fibra óptica utilizados en la actualidad.

**Fuente:** [http://aprendeainstalar.infored.mx/726442\\_FIBRA--PTICA-Y-CONECTORES.html](http://aprendeainstalar.infored.mx/726442_FIBRA--PTICA-Y-CONECTORES.html)

*SC (Set and Connect):* Es un conector que se lo utiliza para transmisión de datos. Tiene bajas perdidas por debajo de 0.5 dB y es bastante común en instalaciones con fibra monomodo (Eduardo Ramírez, 2010: 33).



*ST (Set and Twist)*: Este conector de tipo bayoneta son los mayormente utilizados en redes LAN y en circuitos cerrados de seguridad, debido a su facilidad de instalación y manipulación. Presentan pérdidas que oscilan entre 0.1 a 0.4 dB (Eduardo Ramírez, 2010: 33).

*FC (Fiber conector)*: Utilizado en comunicaciones de datos y en telecomunicaciones. Tiene bajas perdidas aproximadamente de 0.2 dB (Eduardo Ramírez, 2010: 33).

*LC (Lucent technologies connector)*: Es útil para aplicaciones de alta densidad de datos. Presentan pérdidas con un promedio aproximado de 0,15 dB en fibras monomodo y 0,10 dB en fibras multimodo (Eduardo Ramírez, 2010: 34).

*FDDI (Fiber Distributed Data Interface)*: diseñado para implementarse en anillos FDDI realizados con fibras multimodo. Presentan perdidas que oscilan entre 0.15 a 0.2 dB en fibras multimodo y 0,2 dB para fibras monomodo (Eduardo Ramírez, 2010: 33).

*MTRJ (Mechanical Transfer Registered Jack)*: Puede ser utilizado en redes locales de área de corta distancia así como en cableado de largo recorrido utilizando fibra monomodo. Está diseñado para terminación de dos fibras dentro de un solo conector, reduciendo el riesgo de errores del operador cuando interconectando equipos y bandejas de distribución. Las perdidas están alrededor de 0.25 dB (Eduardo Ramírez, 2010: 33).

### **3.6.2 TOPOLOGÍAS DE RED**

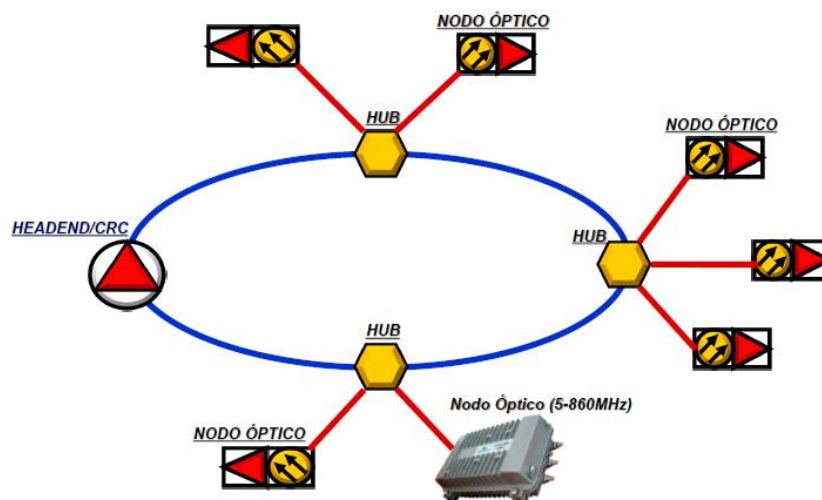
Las topologías de red se pueden clasificar como topologías lógicas o físicas, una topología lógica describe el método por el cual se comunican unos con otros los nodos de la red. Una topología física es el trazado real físico del cableado y de los nodos en la red, y depende del medio, pudiéndose implementar con la misma configuración que la topología lógica. Por ejemplo, una topología lógica en anillo puede ser físicamente cableada de forma que parezca un anillo. Cada dispositivo se conecta al dispositivo adyacente en una configuración física en anillo. Muchas redes se cablean con las mismas topologías lógica y física. Hay cuatro topologías lógicas estándar:

Lógica punto a punto: Una topología lógica punto a punto enlaza directamente dos dispositivos entre sí. Los protocolos comunes de comunicación por ordenador usan esta topología. Las aplicaciones incluyen conexiones de ordenadores con módem, enlaces de multiplexado, enlaces de radio bidireccionales y enlaces vía satélite.

Lógica en estrella: Una topología lógica en estrella es una configuración de enlaces punto a punto que tienen todos un nodo común. Las aplicaciones incluyen sistemas telefónicos PBX y sistemas multiestación de monitorizado de vídeo.

Lógica en enlace común: En una topología lógica en enlace común, todos los dispositivos se conectan a un bus común de transmisión, normalmente un cable coaxial. En este bus, la transmisión tiene lugar en ambas direcciones. Cuando un dispositivo transmite información, todos los demás dispositivos reciben la información al mismo tiempo. Esta topología en enlace común es el estándar IEEE 802.3 y 802.4. Las aplicaciones incluyen Ethernet y token bus.

Lógica en anillo: Una topología lógica en anillo tiene todos los nodos conectados en un anillo. La transmisión tiene lugar por un cable en una dirección sobre el anillo. Si se usan dos anillos de transmisión, la configuración se llama anillo lógico de rotación inversa, y las transmisiones tienen lugar en sentidos opuestos en cada uno de los anillos. Esta topología en anillo doble proporciona autoprotección a la red en el caso de que fallen un cable o nodo.



**IMAGEN 56:** Topología en anillo de una red híbrida HFC.

Recuperado de: [www.aptcp Peru.org/LibreriaDigital/Fyco/Soluciones\\_HFC.pdf](http://www.aptcp Peru.org/LibreriaDigital/Fyco/Soluciones_HFC.pdf)

Como se observa en la figura anterior. En una red HFC en anillo el Head-End llega hasta los nodos o hubs a través de enlaces redundantes de fibra estableciendo la red troncal primaria, de donde a su vez, con enlaces estrella se conectan los hubs a los Nodos Ópticos Terminales NOTs.

En las grandes redes HFC que cuentan con decenas y cientos de miles de abonados, éste último tramo suele implementarse también con enlaces redundantes de anillo (red óptica secundaria).

En la Red Troncal Primaria, la cabecera alcanza los nodos primarios o Hubs, con un sistema de transmisión redundante punto a punto entre la cabecera y el Nodo Primario, desplegado sobre un sistema de canalizaciones en anillo.

En comunicaciones downstream, los Nodos Primarios reciben la señal que proviene desde la cabecera y le aplican una conversión óptica-eléctrica (O/E) para obtener una señal en RF que luego de ser amplificada es enviada a un splitter RF para ser transmitida a los diferentes conversores eléctrico-ópticos (E/O) y posteriormente a los Nodos Secundarios o nodos terminales. Mientras tanto, en el sentido de retorno, es decir en upstream, a la cabecera llegan las señales provenientes de los equipos de usuario debido a que el Nodo Primario recoge las señales que entrega la Red Troncal Secundaria. Éste, aplica una conversión óptica-eléctrica (O/E) para efectuar una posterior combinación analógica de señales, cuya resultante luego de ser convertida nuevamente a óptica (E/O) es enviada a la cabecera donde se procesa la información del usuario.

Un nodo NOT abastece de servicio a áreas de aproximadamente 500 usuarios y posee cuatro salidas en RF que alimentan segmentos de la red coaxial de Distribución. En este tipo de equipos para la comunicación downstream en primera instancia realiza la conversión O/E en un receptor óptico, que envía la señal eléctrica hacia un splitter RF que a su vez distribuye la señal a los amplificadores RF. Y, en upstream, las señales provenientes de la Red de Distribución son recogidas por un mezclador, el cual las combina en una sola señal que pasa por una conversión E/O para poder ser transmitida hacia la Red Troncal.

En lo que respecta a la alimentación de los equipos de la Red Troncal conformada en su totalidad por fibra óptica, se utilizan fuentes de 24 VDC colocados en los armarios de intemperie de los nodos ópticos (Alimentación distribuida).

Finalmente la Red de Distribución parte de los Nodos Ópticos Terminales y adopta estructuras de tipo árbol & rama con un máximo de dos amplificadores en cascada. Cada NOT alimenta con señal RF a cuatro ramales de ésta red y cada rama alcanza los taps, abasteciendo aproximadamente a 125 usuarios por ramal.

### **3.7 PROPUESTA DE DISEÑO DE RED HFC PARA MULTICABLE S.A**

Uno de los primeros consideraciones a tratar en el diseño de la red, es la capacidad total requerida para comunicaciones de IPTV, posteriormente el diseño de la red resulta de la selección de la topología de red determinando los nodos de la red, el tipo de fibra óptica y el tipo tendido del cable de fibra óptica. También se escogen los equipos ópticos a utilizarse en la red para calcular el enlace óptico.

#### **3.7.1 DIMENSIONAMIENTO DE TRÁFICO (CAPACIDAD TOTAL)**

Los sistemas CATV generalmente proporcionan más de 100 canales de vídeo analógicos, con el uso de la tecnología digital permitiría transportar 1500 canales de vídeo digital. Para apoyar el transporte de video, las redes de distribución de IPTV necesitan disponer de suficiente capacidad de carga. La cantidad de ancho de banda requerido para llevar servicios de IPTV es generalmente un múltiplo del ancho de banda requerido para soportar voz sobre IP (VoIP) y servicios de acceso a Internet.

El ancho de banda total necesaria para implementar servicios de IPTV depende de dos factores:

El número de IPTV canales de multidifusión ofertados: como se observó una sola copia de cada canal se envía desde el centro de datos IPTV en la red de distribución.

Una vez que el canal es transmitido en la infraestructura de la red, el proceso de multidifusión se encarga de la copia de los canales y el enrutamiento a suscriptores individuales de IPTV. Por ejemplo de un proveedor de servicios que ofrece a sus 10 000 suscriptores un paquete 100 canales de TV en definición estándar (SD) comprimidas con H.264, esto generalmente se traduce en un requerimiento de ancho de banda de por lo menos 1 Mbps para cada canal de difusión (Gerard O'Driscoll, 2008: 69).

Inserción de IP-VoD: este tipo de servicios complica aún más la red pues utilizan mecanismos de transporte de unidifusión para proporcionar la comunicación dedicada entre los dispositivos del consumidor IPTV y el servidor de vídeo bajo demanda. Este modo de operación consume una gran cantidad de ancho de banda y la red necesita dar cabida a este nivel de tráfico de red. Considerando la misma red de 10 000 usuarios finales y suponiendo que un 5% de los suscriptores acceden al servidor VoD simultáneamente en un tiempo particular y si se utiliza el estándar de compresión H.264, esto se traduce en un uso máximo de la red de 1 Gbps (10 000 x 5 x 2 Mbps). Este es un requisito importante para el núcleo de la red (Gerard O'Driscoll, 2008: 69).

### 3.7.1.1 CAPACIDAD PARA EL SERVICIO DE IPTV

Para la transmisión de programación audiovisual sobre una red de banda ancha digital, es primordial determinar la cantidad de ancho de banda requerido para transmitir, en este caso, video de buena calidad, esta última afirmación implica el uso de tecnologías de compresión digital avanzadas para optimizar el uso del ancho de banda disponible en el cable coaxial y la fibra óptica.

Un sistema de televisión digital puede transmitir videos en definición estándar (SD), además de videos de tipo en alta definición (HD). Un video de televisión en SD o SDTV hace referencia a señales de televisión con calidad similar a los videos de televisión analógica o de un disco DVD. La resolución de una imagen SD es de 750x480 pixeles. Por otra parte, la televisión en alta definición, HDTV tiene por lo menos el doble de resolución que una imagen en definición estándar, por lo que otorga al televidente una mayor percepción de los detalles de una imagen. La resolución HD es de 1280x720 pixeles.

En un esquema digital, la tasa de transferencia requerida depende de las técnicas actuales de compresión de video (MPEG o H.264) y de la calidad de la imagen, por ende:

Para transmitir videos en SD es necesario una tasa de transferencia de 3 a 6 Mbps para imágenes codificadas con MPEG-2; mientras que en el caso de la compresión de video en definición estándar con MPEG-4 o H.264 se requiere una tasa de transferencia de 1.5 a 3 Mbps. Para un servicio de IPTV la tasa de transferencia se define a 4 Mbps (MPEG-2) y 1.5 Mbps para MPEG-4 (Gerard O'Driscoll, 2008: 65).

Los videos en HD necesitan transferencias no menores de 15 Mbps con MPEG-2 y de 6 a 9 Mbps con MPEG-4/H.264. En IPTV se define para MPEG-2 una tasa de transferencia de 15 Mbps y 8 Mbps con compresión MPEG-4. Para audio estéreo con MPEG-1 layer 2: 128 Kbps (Gerard O'Driscoll, 2008: 65).

En una red CATV para transmitir datos se reserva un canal de televisión para el sentido descendente; el ancho de banda del canal será de 6 MHz. La cual, empleando modulación 256-QAM otorga una tasa máxima total de transferencia de flujos de 42.88 Mbps y una tasa nominal máxima de aproximadamente 38 Mbps para tráfico descendente, y 30.72 Mbps para tráfico ascendente con modulación 64 QAM (Gerard O'Driscoll, 2008: 66).

La capacidad de ancho de banda es proporcional a la cantidad de conexiones que se establecen simultáneamente en un tiempo determinado, para lo cual se hace referencia al estudio de la proyección de la demanda del capítulo 2, donde nos informa de los posibles clientes que determinan las conexiones para los primeros seis años.

Inicialmente el ancho de banda debe ser capaz de transportar los flujos downstream (descendente) de los 42 canales de televisión que ofrece la empresa MULTICABLES.A. En la actualidad pero considerando su digitalización, entonces:

$$\text{Capacidad de video} = \# \text{ de streams} * \text{tasa de transferencia}$$

$$\text{Capacidad de video} = 42 * 1.5 \text{ Mbps}$$

$$\text{Capacidad de video} = 63 \text{ Mbps}$$

Para audio se requiere:

$$\text{Capacidad de audio} = \# \text{ de streams} * \text{tasa de transferencia}$$

$$\text{Capacidad de audio} = 42 * 128 \text{ Kbps} = 5.376 \text{ Mbps}$$

Por lo que;

$$\text{Capacidad total de tráfico AV} = \text{capacidad de video} + \text{capacidad de audio}$$

$$\text{Capacidad total de tráfico AV} = 63 \text{ Mbps} + 5.376 \text{ Mbps} = 68.376 \text{ Mbps}$$

Es decir para transmitir el tráfico total y simultáneo para 42 streams (cada canal de televisión analógica al digitalizarse se las consideran flujos o streams de datos) de video/audio en SD es recomendable una tasa de transferencia de al menos 70 Mbps utilizando compresión MPEG-4 para video y MPEG-1 para audio. Con compresión MPEG-2 la tasa de transferencia es de 168 Mbps para video, y un total de tráfico de 173.376 Mbps (168 Mbps de video y 5.376 Mbps de audio).

Como se observa, la capacidad requerida utilizando compresión MPEG-2 duplica el ancho de banda requerido para transmitir flujos de video, motivo por el cual, el uso de MPEG-4 garantiza un adecuado uso del ancho de banda.

Como ya se ha mencionado, parte de la red HFC mantiene la infraestructura coaxial, por ende, y en función a la estándar DOCSIS, es necesario calcular la capacidad de tráfico considerando en el ancho de banda en el que operan los sistemas coaxiales, por tanto la cantidad de canales digitales a utilizarse son:

$$\text{Cantidad canales downstream} = \frac{\text{capacidad total requerida}}{\text{capacidad maxima DOCSIS}}$$

$$\text{Cantidad canales downstream} = \frac{68.376 \text{ Mbps}}{42.88 \text{ Mbps}}$$

$$\text{Cantidad canales downstream} = 1.5946, \text{ para flujos en SD}$$

Por lo tanto, para transmitir 42 videos en definición estándar se requiere 2 canales de 6 MHz con tecnología DOCSIS, utilizando compresión MPEG-4.

Adicionalmente, la transmisión de la misma cantidad de streams de video, esta vez en HD empleando la compresión MPEG-2 es necesario 630 Mbps, y para el caso de comprimir con MPEG-4 requiere de un ancho de banda de 336 Mbps. Estos valores resultan de los siguientes cálculos; Para tráfico de video HD con MPEG-2:

$$\text{Capacidad de video en HD} = 42 * 8 \text{ Mbps} = 336 \text{ Mbps}$$

Por lo que:

$$\text{Capacidad total de tráfico AV} = 336 \text{ Mbps} + 5.376 \text{ Mbps} = 341.376 \text{ Mbps}$$

Entonces, el número de canales digitales a utilizarse son:

$$\text{Cantidad canales downstream} = \frac{341.376 \text{ Mbps}}{42.88 \text{ Mbps}} = 7.9612$$

En síntesis, se requiere de 8 canales digitales para downstream de los 42 flujos de audio/video en alta definición con compresión MPEG-4. A continuación se resumen la capacidad requerida para downstream de la programación televisiva que actualmente la empresa MULTICABLE S.A. oferta:

**TABLA 29:** Requerimientos en ancho de banda en un esquema DOCSIS 3.0.

SERVICIO	CAPACIDAD REQUERIDA (Mbps)	CANALES DOCSIS (x6MHz)	COMPRESIÓN MPEG UTILIZADO
42 canales	173.376	5	MPEG-2
SDTV	63	2	MPEG-4/H.264
42 canales	635.376	15	MPEG-2
HDTV	341.376	8	MPEG-4/H.264

**Recuperado de:** elaboración propia

### 3.7.1.2 CAPACIDAD PARA EL SERVICIO DE PAGUE POR VER

Por otra parte, según resultados de las encuestas analizadas en el capítulo 2, el 65% del total de encuestados están interesados por contratar servicios interactivos como el sistema Pago Por Ver (PPV), los cuales para obtener una estimación real de la capacidad requerida se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones.

Por ejemplo, la capacidad requerida para los 220 clientes potenciales proyectados para el 2015, es necesario considerar entonces un total de 220 flujos individuales de contenido audiovisual tipo pago por ver. El resultado podría reflejar un sobredimensionamiento de la red pero sería poco real ya que por cada stream se requiere por lo menos 1.5 Mbps.

Calcular un gran ancho de banda considerando que todos los clientes accedan al servicio al mismo tiempo puede no ser muy práctico, así pues, la realidad es distinta, no todos los televidentes van a acceder al mismo servicio simultáneamente.

Según la franquicia IBOPETIME Ecuador que realiza la medición de audiencia de televisión en el mercado nacional, registra un pico de televidentes (66,98%) en el horario de 7 a 9 de la noche<sup>12</sup> independientemente del contenido que estén viendo. Aplicando esa proporción para el caso de estudio, resulta un máximo de 148 (66.98% de 220 clientes estimados para el 2015) conexiones independientes y simultaneas.

<sup>12</sup> Fuente: <http://www.ibope.com.ec/ibopetime/>; IBOPE, es el Instituto Brasileño de Opinión Pública y Estadística especializados en la investigación de audiencia de televisión, con sedes en 14 países latinoamericanos.



Con estas consideraciones la capacidad requerida para transmitir flujos audiovisuales tipo pago por ver resulta de los siguientes cálculos:

La tasa de bits requeridos para 148 flujos de PPV en calidad estándar (SD) con MPEG-4 es:

$$\text{Capacidad de video}_{\text{PPV}} = 148 * 1.5 \text{ Mbps} = 222 \text{ Mbps}$$

Si el plan de servicios PPV ofrecen canales en alta definición los requerimientos son:

$$\text{Capacidad de video}_{\text{PPV}} = 148 * 8 \text{ Mbps} = 1184 \text{ Mbps}$$

Tanto para videos en SD y HD se adiciona la cantidad de ancho de banda requerido para transmitir flujos de audio, por ende:

$$\text{Capacidad de audio}_{\text{PPV}} = 148 * 128 \text{ Kbps} = 18.944 \text{ Mbps} \quad ; \text{ Con MPEG-1}$$

La capacidad total para tráfico audiovisual tipo PPV en definición estándar es:

$$\text{Capacidad total}_{\text{PPV}} = 222 \text{ Mbps} + 18.944 \text{ Mbps} = 240.944 \text{ Mbps}$$

Si el plan de servicios que oferta la empresa presenta canales en alta definición, la capacidad total para tráfico audiovisual tipo PPV es:

$$\text{Capacidad total}_{\text{PPV}} = 1184 \text{ Mbps} + 18.944 \text{ Mbps} = 1202.944 \text{ Mbps}$$

La cantidad de canales DOCSIS es para definición estándar:

$$\text{Cantidad canales downstream}_{\text{PPV}} = \frac{240.944 \text{ Mbps}}{42.88 \text{ Mbps}} = 5.619$$

Es decir 6 canales de 6 MHz cada uno, conteniendo videos en definición estándar y comprimida según MPEG-4. La tabla siguiente resume los requerimientos en ancho de banda para transmitir servicios de Pago Por Ver de videos en SD según proyección de la demanda estimada para seis años.

**TABLA 30:** Proyección de capacidad de servicio PPV, videos en definición estándar

AÑO	CLIENTES	FLUJO SD*	CAPACI.VI DEO (Mbps)	CAPACI. AUDIO (Mbps)	CAPACIDAD TOTAL (Mbps)	CANTIDAD CANALES (x 6 MHz)
2014	106	71	106	9	116	3
2015	220	147	221	19	240	6
2016	406	272	408	35	443	11
2017	681	456	684	58	743	18
2018	1049	703	1054	90	1144	27
2019	1508	1010	1515	129	1644	39
2020	2045	1370	2055	175	2230	53

\*conexiones simultaneas a servicio PPV en función a la mayor audiencia televisiva.

**Fuente:** elaboración propia

Cuando la empresa ofrezca videos en alta definición dentro de los planes de programación en modalidad PPV, el tráfico requerido se calcula siguiendo los pasos anteriores, tomando en cuenta que para la transmisión, un video HD requiere al menos de 8 Mbps.

Este requerimiento exige que el sistema IPTV soporte grandes caudales de datos hacia el suscriptor, pero lo que realmente define si un cliente contrate programación en HD, es la disponibilidad de un televisor que reciba y visualice imágenes en alta definición.

En los últimos años se ha extendido, no en gran medida como en los países desarrollados, el consumo de contenidos audiovisuales en alta definición en los países en desarrollo como el Ecuador, que a su vez está limitado por la cantidad de artefactos que soporten tecnología HD en los hogares, se estima que un 5% de hogares latinoamericanos disponen de un televisor con tecnología avanzada (smart TV) (Parks Association<sup>13</sup>, 2013: 4).

Este dato estadístico es muy útil, puesto que realizar el dimensionamiento de tráfico audiovisual en HD requiere precisar la cantidad total de ancho de banda requerida, ya que exagerar en el cálculo total de tráfico HD conlleva a sobredimensionar la red.

<sup>13</sup> Parks Associates es una asociación mundial, cuyo objetivo es brindar reportes de investigación de mercado y análisis de la industria con respecto a productos residenciales avanzados y las percepciones del consumidor acerca de estos productos y servicios. Web oficial: <http://www.parksassociates.com/index.php>

La siguiente tabla indica la capacidad total requerida para transmitir programación pago por ver en alta definición.

**TABLA 31:** Proyección de capacidad de servicio PPV, videos en alta definición.

AÑO	CLENTES	FLUJO HD*	CAPACI.VI DEO (Mbps)	CAPACI. AUDIO (Mbps)	CAPACIDAD TOTAL (Mbps)	CANTIDAD CANALES (x 6 MHz)
2014	106	5	42	1	43	1
2015	220	11	88	1	89	3
2016	406	20	162	3	165	4
2017	681	34	272	4	277	7
2018	1049	52	420	7	426	10
2019	1508	75	603	10	613	15
2020	2045	102	818	13	831	20

\*conexiones simultaneas a servicio PPV en función a la mayor audiencia televisiva.

Fuente: elaboración propia

### 3.7.1.3 CAPACIDAD PARA EL SERVICIO DE VOD

El proceso para determinar la capacidad respecto a flujos de servicios tipo VoD es similar a lo desarrollado para PPV. Para lo cual, como primer paso se define la cantidad de conexiones simultáneas requeridos por los usuarios de cable, es decir:

$$104 * 66.98\% = 70 \text{ conexiones simultáneas}$$

De donde el valor 104 representa la cantidad de clientes que podrían contratar el servicio de videos por demanda para el año 2014 (según el análisis de proyección de la demanda del capítulo 2) y el porcentaje 66.98% indica la máxima audiencia de los televidentes durante un lapso particular en el día.

Por ende, para transmitir 104 flujos de video tipo SD con compresión MPEG-4 es necesario disponer de

$$\text{Capacidad de video}_{\text{VoD}} = 70 * 1.5 \text{ Mbps} = 104.49 \text{ Mbps}$$

Adicionalmente;

$$\text{Capacidad de audio}_{\text{VoD}} = 70 * 128 \text{ Kbps} = 8.96 \text{ Mbps} ; \text{Audio con MPEG-1}$$

Sumando las capacidades requeridas tanto para audio como para video el resultado indica la capacidad total necesaria para transmitir flujos tipo VoD, es decir 113.45 Mbps.

La transmisión ocupa canales DOCSIS de 6 MHz cada uno, para el tráfico calculado, el total resulta de:

$$\text{Cantidad canales downstream}_{\text{PPV}} = \frac{113.45 \text{ Mbps}}{42.88 \text{ Mbps}} = 2.6458$$

Es decir, 3 canales de 6 MHz cada uno, conteniendo video en definición estándar, a continuación, en la tabla 32 se indica las capacidades requeridas para transmitir videos SD en servicio tipo VoD.

**TABLA 32:** Proyección de capacidad de servicio VoD, videos en definición estándar

AÑO	CLIENTES	FLUJO SD*	CAPACI.VI DEO (Mbps)	CAPACI. AUDIO (Mbps)	CAPACIDAD TOTAL (Mbps)	CANTIDAD CANALES (x 6 MHz)
2014	104	70	104	9	113	3
2015	216	145	217	19	236	6
2016	400	268	402	34	436	11
2017	671	449	674	58	732	18
2018	1035	693	1040	89	1129	27
2019	1490	998	1497	128	1625	38
2020	2022	1354	2032	173	2205	52

\*conexiones simultaneas a servicio VoD en función a la mayor audiencia televisiva.

**Fuente:** elaboración propia

Como para el caso del servicio Pago por Ver en alta definición, una porción muy reducida de hogares disponen de artefactos que reproduzcan videos tipo HD, en función a esa consideración y aplicando los cálculos antes realizados.

El dimensionamiento de trafico para servicios de video bajo demanda con calidad HD se resume en la tabla de a continuación.

**TABLA 33:** Proyección de capacidad de servicio VoD, videos en definición HD.

<b>AÑO</b>	<b>CLIENTES</b>	<b>FLUJO HD*</b>	<b>CAPACI.VI DEO (Mbps)</b>	<b>CAPACI. AUDIO (Mbps)</b>	<b>CAPACIDAD TOTAL (Mbps)</b>	<b>CANTIDAD CANALES (x 6 MHz)</b>
<b>2014</b>	106	5	42	1	43	1
<b>2015</b>	220	11	88	1	89	3
<b>2016</b>	406	20	162	3	165	4
<b>2017</b>	681	34	272	4	277	7
<b>2018</b>	1049	52	420	7	426	10
<b>2019</b>	1508	75	603	10	613	15
<b>2020</b>	2045	102	818	13	831	20

\*conexiones simultaneas a servicio VoD en función a la mayor audiencia televisiva.

**Fuente:** elaboración propia

### **3.7.1.4 CAPACIDAD TRÁFICO ASCENDENTE DE SOLICITUDES PARA PPV O VOD**

La solicitud de servicios tipo Video bajo demanda o Pago por Ver es realizada generalmente desde la guía de programación que el suscriptor visualiza en la pantalla del televisor. Una vez que el suscriptor elige la programación sea VoD o PPV, genera flujos de tráfico ascendente al servidor de contenidos del centro de datos, utilizando para ello una porción del ancho de banda de upstream o reverse channel.

El ancho de banda ascendente es un recurso limitado, pues debe ser compartido por todos los usuarios, este ancho de banda suele dividirse en varios canales RF ascendentes, de 1 a 6 MHz cada uno, con capacidad entre 1.6 y 10 Mbps. Con la tecnología DOCSIS se puede obtener tasa de transferencia superiores a 120 Mbps, sobre una combinación de 4 canales de 6.4 MHz. Cada canal admite transferencia hasta de 30.72 Mbps (Gerard O'Driscoll, 2008: 65).

Para el caso de estudio, la cantidad de ancho de banda requerido para transmitir las peticiones de los clientes por servicios adicionales se calcula de la siguiente relación:

$$\text{Capacidad de retorno}_{\text{PPV}} = 11 * 64 \text{ Kbps} = 0,704 \text{ Mbps}$$

De donde el valor 11 equivale a la cantidad de conexiones simultáneas solicitadas por clientes para el servicio Pago por Ver. Se considera que un 10% de clientes soliciten este tipo de servicios al mismo tiempo. Según la tabla 31 la estimación para el año 2014 es de 106 clientes para servicios PPV, por lo que el 10% de 106 equivale a 11.

La tasa de transferencia 64 Kbps representa la capacidad requerida para transmitir datos interactivos desde el usuario al centro de datos (A.Derbyshire y K.C.Rajh, s.f.; párr12).

La cantidad de canales upstream a utilizar resulta del siguiente cálculo:

$$\text{Cantidad canales upstream}_{\text{PPV}} = \frac{0.704 \text{ Mbps}}{30.72 \text{ Mbps}} = 0,02$$

Por lo tanto, un canal de retorno de 6.4 MHz es suficiente para transmitir los flujos de solicitudes desde el suscriptor, las tablas 34 y 35 contienen las capacidades upstream requeridas tanto para el servicio de PPV y VoD respectivamente.

**TABLA 34:** Proyección de capacidad para canal ascendente en servicio PPV.

<b>AÑO</b>	<b>CLIENTES PPV</b>	<b>FLUJO Us</b>	<b>CAPACIDAD TOTAL (Mbps)</b>	<b>CANTIDAD CANALES (x 6 MHz)</b>
<b>2014</b>	106	11	0,704	1
<b>2015</b>	220	22	1,41	1
<b>2016</b>	406	41	2,6	1
<b>2017</b>	681	68	4,36	1
<b>2018</b>	1049	105	6,71	1
<b>2019</b>	1508	151	9,65	1
<b>2020</b>	2045	205	13,09	1

\*peticiones simultaneas a servicio PPV en función a la mayor audiencia televisiva.

**Fuente:** elaboración propia

**TABLA 35:** Proyección de capacidad para canal ascendente en servicio VoD.

<b>AÑO</b>	<b>CLIENTES PPV</b>	<b>FLUJO Us*</b>	<b>CAPACIDAD TOTAL (Mbps)</b>	<b>CANTIDAD CANALES (x 6 MHz)</b>
<b>2014</b>	104	10	0,64	1
<b>2015</b>	216	22	1,38	1
<b>2016</b>	400	40	2,56	1
<b>2017</b>	671	67	4,29	1
<b>2018</b>	1035	104	6,62	1
<b>2019</b>	1508	151	9,65	1
<b>2020</b>	2045	205	13,09	1

**Fuente:** elaboración propia

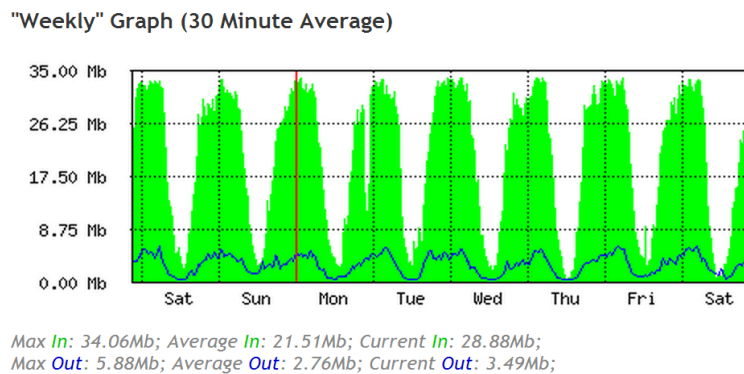
### **3.7.1.5 CAPACIDAD PARA TRÁFICO DE DATOS (INTERNET)**

El resultado de las encuestas demuestra un claro interés de la población otavaleña en disponer además del servicio de cable, el servicio de internet a través de una única conexión en su domicilio. Un 67% de los encuestados desearían internet en casa, para lo cual, la digitalización de los sistemas de la empresa facilitará la integración de servicios adicionales.

Sin dejar de lado, el auge tecnológico que la sociedad global está viviendo en la actualidad, además de la masificación y asequibilidad a Internet, en parte por la política social del gobierno nacional, ha permitido multiplicar la oferta de servicios de datos en los últimos años. Frente a esto, empresas tradicionales de televisión por cable que ofertan servicios de programación de TV, tienen la necesidad y una gran oportunidad ampliar el mercado. En ese sentido el presente trabajo de grado realiza los cálculos para dimensionar la capacidad en ancho de banda, requerida para transmitir servicios de datos. Según se indica en el capítulo 2, la mayoría de las empresas proveedoras de internet ofrece un plan residencial de 2000/512 Kbps. Y una media de nivel de compartición de 8:1 (8 clientes comparten el mismo ancho de banda durante un uso simultáneo).

Por ende; para 2014 la proyección de la demanda indica que 133 clientes de MULTICABLE contraten internet domiciliario. Esta cantidad puede ser menor, puesto que como ocurre en la audiencia televisiva, en internet existen lapsos durante el consumo de ancho de banda es mayor.

En función a lo anterior, la empresa proveedora de internet en Otavalo, ASEFINCO S.C. FLASHNET, registra un 32% conexiones simultáneas máximas en el intervalo de 6 a 10 de la noche diariamente<sup>14</sup>.



**IMAGEN 57:** Registro de conexiones y consumo de ancho de banda de la empresa ASEFINCO FLASHNET durante una semana.

**Fuente:** Captura pantalla servidor proxy WINBOX del departamento de monitoreo.

Este porcentaje ayuda a estimar la cantidad total de tráfico de datos que podría atravesar la red IPTV que se está planificando para empresa Multicable S.A., por lo que, un 32% de conexiones simultaneas estimada para el año 2014 sería de 43 considerando que para entonces se tendrán 133 suscriptores a internet a través de la conexión a cable.

La cantidad de ancho de banda requerido para transmitir tráfico descendente de datos se obtiene de los siguientes cálculos:

$$\text{capacidad de dowmstream}_{\text{Internet}} = \frac{\text{número de conexiones}}{\text{nivel compartición}} * \text{plan contratado}$$

$$\text{capacidad de dowmstream}_{\text{Internet}} = \frac{43}{4} * 2 \text{ Mbps} = 10.64 \text{ Mbps}$$

<sup>14</sup> Información facilitada por el departamento de monitoreo de la empresa ASEFINCO S.C. FLASHNET a mayo del 2014.



La capacidad total requerida para transmitir servicio de Internet es de 10.64 Mbps, que equivale a utilizar 1 canal downstream, así:

$$\text{Cantidad canales downstream}_{\text{Internet}} = \frac{10.64 \text{ Mbps}}{42.88 \text{ Mbps}} = 0.4$$

La capacidad de upstream se determina al calcular:

$$\text{capacidad de upstream}_{\text{Internet}} = \frac{43}{4} * 0.512 \text{ Mbps}$$

$$\text{capacidad de upstream}_{\text{Internet}} = 2.72 \text{ Mbps}$$

Entonces, para los datos de subida es necesario al menos 3 megas que se transmitirán en un canal de upstream de 6.4 MHz. Puesto que un canal upstream soporta capacidades de 30.72 Mbps.

Por otra parte, la tendencia mundial al aumento gradual del ancho de banda con la que navega el usuario obliga a los proveedores de internet (ISP) a que cada vez más actualizan u ofrecen planes más rápidos, en Ecuador se presenta una tendencia de aumentar anualmente el ancho de banda en un 29% (AKAMAI <sup>15</sup>, 2014: 3).

La afirmación anterior es corroborada aún más para nuestro entorno, puesto que una investigación del diario EL HOY a 13 de mayo del 2014 escribe:

El incremento de los precios es proporcional al de la velocidad. Por ejemplo, si hace una década el plan básico de Internet de un megabyte costaba \$50, ahora, los usuarios pagan \$52,26 pero por tres Mbps. Es decir, la velocidad se ha triplicado, mientras que el valor no supera esta cifra (párr. 2).

En un ámbito de libre competencia, para dimensionar la capacidad de forma más precisa es necesario admitir las posibles variaciones que se susciten en el mercado durante los años posteriores, y en el sector del Internet es inevitable no considerar la demanda de los usuarios por planes más rápidos. Por ejemplo, el plan básico de Internet de 2 Mbps, en un par de años no será muy atractivo para contratar, mucho más si países como Hong Kong se ofrecen planes residenciales con un promedio de 65.4 Mbps (Prensario internacional, 2014: 3).

Las tablas resumen las capacidades del plan básico residencial proyectadas hasta el 2020.

---

<sup>15</sup> Akamai es una corporación norteamericana que gestiona y entrega contenidos de Internet para clientes como News Corp. Facebook, Apple, Nintendo y Netflix. Se dedica además al monitoreo de estado de las conexiones globales de Internet, en función a la cantidad de usuarios que acceden a uno de sus aplicaciones.

**TABLA 36:** Proyección de tráfico descendente para 7 años del plan básico de 2/0.5 Mbps.

AÑO	CLIENTES	PLAN DE ABONADO (Mbps)*	CANTIDAD TRÁFICO (Mbps)	CAPACI. TOTAL (Mbps)	CANTIDAD CANALES (x 6 MHz)	COMPART.
2014	133	2	43	10,64	1	8 a 1
2015	278	2.5	89	28,69	1	8 a 1
2016	510	3.3	163	67,90	2	8 a 1
2017	846	4.3	271	145,29	4	8 a 1
2018	1286	5.5	412	284,90	7	8 a 1
2019	1822	7.1	583	520,70	13	8 a 1
2020	2432	9.2	778	896,59	21	8 a 1

\*a partir del segundo año se estima un incremento del 29% al plan residencial básico.

Fuente: elaboración propia

**TABLA 37:** Proyección de tráfico ascendente para 7 años del plan básico de 2/0.5 Mbps.

AÑO	CLIENTES	PLAN DE ABONADO (Mbps)*	CANTIDAD TRÁFICO (Mbps)	CAPACI. TOTAL (Mbps)	CANTIDAD CANALES (x 6.4 MHz)	COMPART.
2014	133	0,512	43	2,72	1	8 a 1
2015	278	0,660	89	7,34	1	8 a 1
2016	510	0,852	163	17,38	1	8 a 1
2017	846	1,099	271	37,19	2	8 a 1
2018	1286	1,418	412	72,93	3	8 a 1
2019	1822	1,829	583	133,30	5	8 a 1
2020	2432	2,359	778	229,53	8	8 a 1

\*a partir del segundo año se estima un incremento del 29% al plan residencial básico.

Fuente: elaboración propia

En el capítulo 1 se realizó una descripción de las ofertas de las diferentes proveedoras de internet en Otavalo, de allí que a parte del plan básico se ofrece un plan de internet más veloz, la media de velocidad ofrecida es de 5/1 Mbps para clientes residenciales, a continuación se muestran las proyecciones de los planes para abonado y la capacidad requerida por el sistema para soportar dichos tráficos, los valores de planes se han calculado considerando el aumento anual de 29% sostenida por los estudios realizados por Akamai y que se expusieron anteriormente.

**TABLA 38:** Proyección de tráfico total (descendente/ascendente) para próximos 7 años considerado para un plan inicial especial residencial de 5/1 Mbps compartido 8:1

<b>AÑO</b>	<b>CANTIDAD CLIENTES</b>	<b>PLAN ABONADO TOTAL (Mbps)</b>	<b>CONEX. SIMULTÁNEAS</b>	<b>CAPACIDAD TOTAL (Mbps)</b>	<b>CANTIDAD CANALES Downstream (x6 MHz)</b>
<b>2014</b>	133	5/1	43	26,5/3	1
<b>2015</b>	278	6.5/1.3	89	71,72/14,3	2
<b>2016</b>	510	8.3/1.6	163	169,74/34	4
<b>2017</b>	846	10/2.2	271	363,22/72,6	8
<b>2018</b>	1286	13.8/2.8	412	712,25/142,5	17
<b>2019</b>	1822	17.9/3.5	583	1301,75/260,3	30
<b>2020</b>	2432	23/4.6	778	2241,46/448,3	52

\*a partir del segundo año se estima un incremento del 29% al plan residencial básico.

**Fuente:** elaboración propia

### **3.7.1.6 CAPACIDAD DE TRÁFICO DE TELEFONÍA**

Una porción minoritaria de las personas que respondieron a la encuesta muestran su interés por contratar el servicio de telefonía por una misma conexión a CATV, en la proyección de la demanda del capítulo 2 se indica la cantidad de usuarios que anualmente registraría la empresa.

Para atender los requerimientos de comunicación telefónica se determina a continuación la capacidad requerida (líneas o circuitos telefónicos) para que el sistema de IPTV pueda enfrentar tráfico de voz.

Previamente es necesario calcular la cantidad total de tráfico telefónico en una red el cual resulta de la fórmula (Walter Ciciora et al, 2004: 230):

$$A = n * \text{Erl/abonado}$$

De donde;

**A** es el tráfico total generando por n abonados.

**n** es la cantidad de abonados.

**Erl/abonado** es el tráfico generado por cada abonado.

Para el caso de estudio, el tráfico total de voz generado por los suscriptores durante el año T0, es igual 49 abonados según proyección de la demanda del capítulo 2.

Un dato adicional a considerar es el tráfico que ocupa un abonado, para el análisis presente, se considera que un tráfico de 0.1 Erl/abonado que equivale 100 Erlangs<sup>16</sup> por 1000 abonados (Diógenes Marcano, 2014: 2).

$$A = 49 * 0.1 \text{ Erl/abonado}$$

$$A = 4.9 \text{ Erl}$$

Es decir que para 49 usuarios ocupan un tráfico total de 4.9 Erlangs.

Posteriormente, el cálculo se direcciona en obtener la cantidad de líneas telefónicas a usar para 4.9 erls. Para ello se utiliza la fórmula Erlang B mencionada a continuación (Diógenes Marcano, 2014: 13):

$$P_b = \frac{\frac{A^m}{m!}}{\sum_{i=0}^m \frac{A^i}{i!}}$$

---

<sup>16</sup> Erlang es una medida estadística del volumen de tráfico telefónico durante un tiempo específico, generalmente el tráfico de 1 erlang corresponde una hora de continuo uso de la línea telefónica.

Donde:

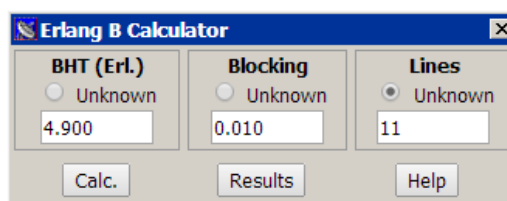
**Pb** es la Probabilidad de bloqueo

**m** es el número de circuitos

**A** es la cantidad total de tráfico ofrecido en erlangs.

Una herramienta de cálculo que reduce la cantidad de procesos de la fórmula de Erlang B, es el uso de recursos web, así, la página [www.erlang.com/calculator/erlb/](http://www.erlang.com/calculator/erlb/) ofrece una calculadora que determina cualquiera de los parámetros Pb, M o A conociendo dos de ellos (Westbay Engineers Limited, 2014: 1)

Es decir, en el presente cálculo Pb= 0.01 que equivale a decir 1 llamada bloqueada por 100 llamadas intentadas. A=4.9 Erls, y m es el parámetro a calcular. La figura de a continuación, indica los resultados de calcular la cantidad de circuitos de voz requeridos (m=11) a partir de los parámetros A=4.9 y Pb=0.01



**IMAGEN 58:** Cálculo de cantidad de circuitos requeridos para transmitir tráfico de voz para abonados proyectados para el año 2014.

**Fuente:** <http://www.erlang.com/calculator/erlb/>

Según la Unión Internacional de telecomunicaciones (ITU), un E1 (2048 Kbps) está formado por 30 canales de voz de 64 Kbps cada uno, el número de E1s necesarios son:

$$\text{cantidad de E1} = \frac{\text{canales de voz}}{30} = \frac{11}{30} = 0.4$$

Finalmente dicho tráfico es ajustada a canales de 6 MHz (downstream) y 6,4 MHz (upstream) a reservar en el espectro de frecuencias NTSC, para ello la máxima capacidad simétrica del canal de downstream definida por DOCSIS y que es de 42.88 Mbps, entonces:

$$\text{cantidad de canales}_{6\text{ MHz}} = \frac{E1}{42.88}$$

$$\text{cantidad de canales}_{6\text{ MHz}} = \frac{0.4 * 2.048 \text{ Mbps}}{42.88 \text{ Mbps}} = 0.2$$

Para canales ascendentes la tasa de transferencia equivale a 30.72 Mbps, por ende:

$$\text{cantidad de canales}_{6.4\text{ MHz}} = \frac{0.4 * 2.048 \text{ Mbps}}{30.72 \text{ Mbps}}$$

$$\text{cantidad de canales}_{6.4\text{ MHz}} = 0.3 \rightarrow 1 \text{ Canal ascendente}$$

Este procedimiento, se repiten para los cálculos correspondientes para los años posteriores. Los resultados están registrados en la tabla 39:

**TABLA 39:** Proyección de tráfico total de voz (descendente y ascendente) para próximos 7 años.

AÑO	CANTIDAD ABONADO	TRÁFICO POR ABONADO (Erl.)	TRÁFICO TOTAL (Erl.)	CANTIDAD CANALES DE VOZ	CANTIDAD DE E1s	CANALES DOWNSTRE AM/UPSTREAM
2014	49	0,1	4,9	11	0,4	1/1
2015	102	0,1	10,2	18	0,6	1/1
2016	191	0,1	19,1	29	1,0	1/1
2017	330	0,1	33	45	1,5	1/1
2018	528	0,1	52,8	67	2,2	1/1
2019	791	0,1	79,1	95	3,2	1/1
2020	1122	0,1	112,2	130	4,3	1/1

Fuente: elaboración propia

### 3.7.1.7 DISTRIBUCIÓN SERVICIOS EN EL ESPECTRO DE FRECUENCIA

En la sección anterior, los cálculos definen que por cada servicio ocupa cierta cantidad de ancho de banda del sistema. Donde además resulta que la mayoría de ancho de banda es de tráfico descendente, pues es por donde se descarga el contenido audiovisual, mientras una cantidad menor está determinada para tráfico ascendente de voz, datos de subida o solicitudes de los abonados.

Es prácticamente inviable utilizar estrictamente la red digital de cable sólo con el propósito de proveer televisión. Así que tiene que haber una manera de ofrecer internet y telefonía a través del mismo cable. Normalmente el canal de televisión por cable ocupa la región de 54-550 MHz en el cual hay una banda de radio FM de 88 a 108 MHz. Cada canal es de 6 MHz de ancho.

La inserción de tecnologías digitales permite operar sobre 550 MHz, a menudo a 860 MHz para datos downstream, con la tecnología DOCSIS 3.0 se puede operar en bandas hasta 1002 MHz. Los canales upstream se introducen en la banda 5-88 MHz; en función al ancho de banda total que la tecnología DOCSIS 3.0 permite, se realiza la ubicación de los canales en dicho espectro (Gerard O’Driscoll, 2008: 62).

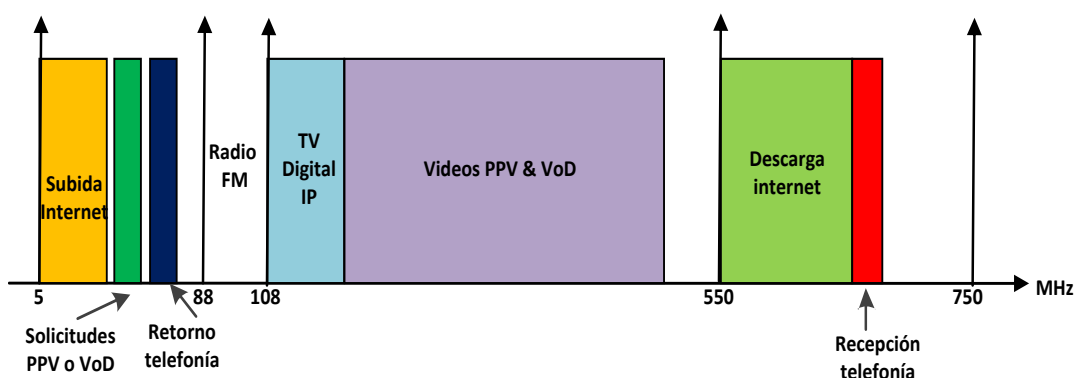
Para el diseño de la red es necesario ubicar los canales proyectados al 2020, pues como es obvio, para ese lapso se estima mayor demanda por ende mayor capacidad de la red.

**TABLA 40:** Distribución de servicios en el espectro NTSC con requerimientos de capacidad estima para el año 2020.

ENLACE	RANGO DE FREC. (MHz)	AB (MHz)	RANGO DE FRECUENC. A UTILIZARSE	NÚMERO CANALES A UTILIZARSE	SERVICIO
downstream	5-85	80	5-56.2	8	Internet subida
			57-63.4	1	Solicitud IPTV
			64-70.4	1	Retorno telefon.
	88-108	-	-	-	<b>Reservado para radio FM</b>
upstream	108-750	48	108-116	8	Bcast TV digital
		318	116-434	53	PPV o VoD
		126	550-676	21	Retorno telef.
		6	676-682	1	Recepción telef.

**Fuente:** elaboración propia

Gráficamente la distribución de los canales en el espectro dedicado para transmisiones de CATV (en frecuencias NTSC) se muestra a continuación:



**IMAGEN 59:** Distribución de servicios IPTV en espectro NTSC proyectados para la empresa MULTICABLE S.A. para el año 2020.

**Fuente:** elaboración propia a partir de <http://telecommunications-ngn.ning.com/profiles/blogs/docsis-30-data-over-cable>

La figura anterior ofrece una vista resumida del tráfico generado por nuevos servicios ofertados por la empresa hacia el año 2020, pueden con total certeza, ser contenidas y soportadas por una red HFC, pues como se indica en los resultados de los cálculos, los canales digitales pueden aprovechar el rango de frecuencias NTSC que actualmente soportan los amplificadores y demás dispositivos de distribución desplegadas en la red analógica de la empresa MULTICABLE S.A.

### 3.7.2 ELECCIÓN DE LA TOPOLOGÍA

Como primer punto del diseño de la red HFC está la elección de la topología por desplegar en la empresa MULTICABLE S.A. misma que para el presente caso es definida por la red troncal dispuesta en topología lógica de anillo que alimenten a cada una de las redes de distribución debido a que este esquema favorable respecto a las demás es que por una topología en anillo permite utilizar dos cables ópticos independientes, tendidos por diferentes rutas, garantizando el transporte del servicio a pesar de que se dañen todas las fibras en uno de los cables (redes de respaldo o backup). Por su puesto al considerar líneas redundantes por un único se establece un cable óptico con diferentes pares de fibras. En el caso de que alguna fibra se dañe, se procede a la conmutación a otras fibras de reserva disponibles en el cable (ARCOTEL, 2015).



Con todas estas consideraciones, la red híbrida fibra óptica- cable coaxial de Multicable s.a. está diseñada en dos anillos troncales (red de acceso o red primaria) de fibra óptica desplegados por los sectores: oriental y occidental de la ciudad de Otavalo. El anillo oriental abarca los barrios: Central, Copacabana, La Florida, San Blas, sector de la terminal terrestre y Monserrath; dichos lugares corresponden los sectores que al momento cubren las redes coaxiales de MULTICABLE.

Como resultado del análisis de la demanda del capítulo 2, un mercado a considerar son los habitantes de las parroquias de San Pablo, González Suárez y Eugenio Espejo, los mismos que se conectan a la red de acceso del anillo óptico oriental como se indica en la figura 77 (revisar el anexo 7.1 para mayor detalle la red HFC desplegada en los planos de la ciudad de Otavalo).

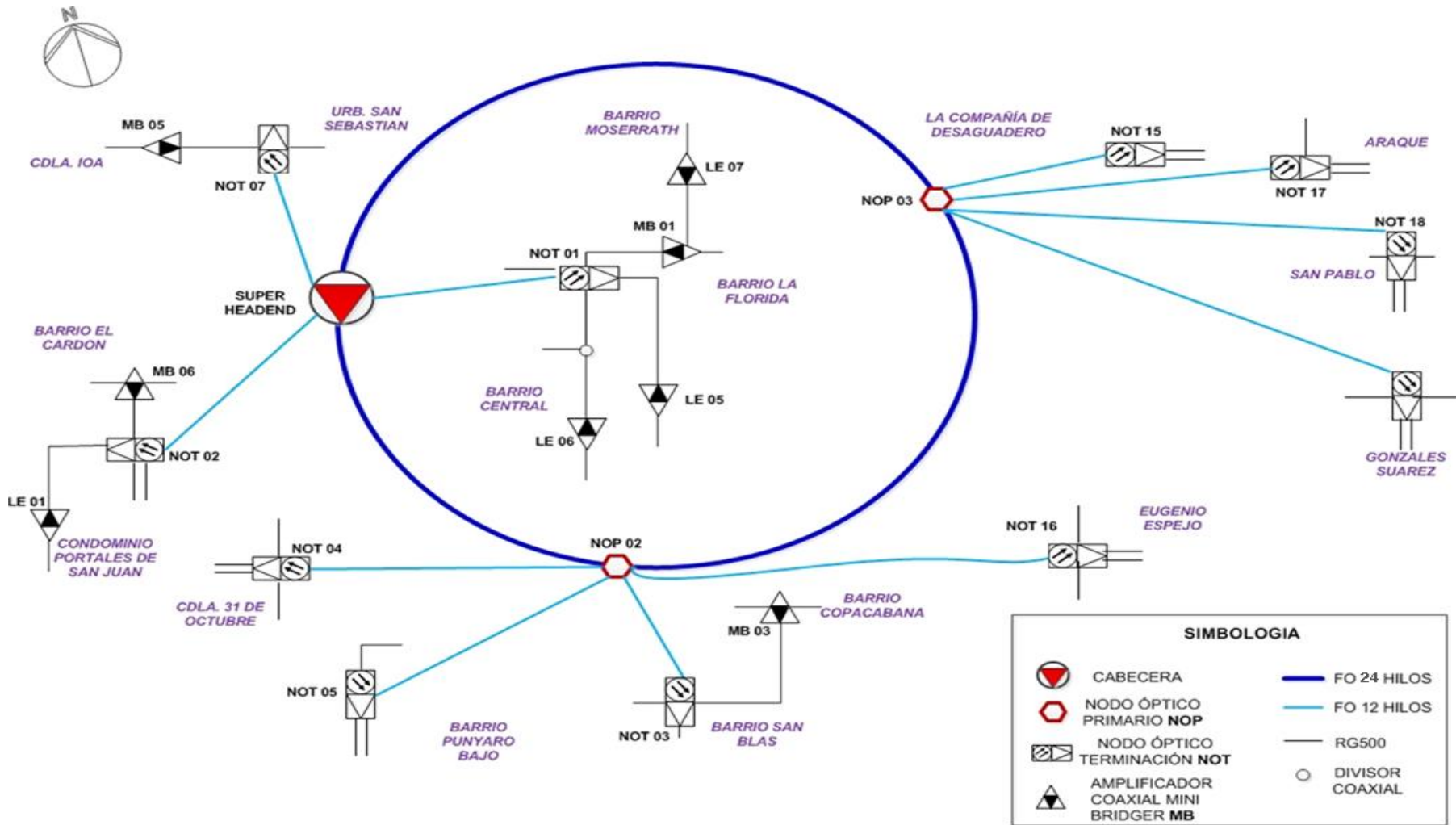
En el gráfico en cuestión se distinguen algunos puntos singulares constituidos en la red HFC del sector este de la ciudad, estos son: dos nodos ópticos primarios (NOP) y nueve Terminales (NOT). La tabla 41 describe el equipamiento y ubicación de cada uno de ellos.

**TABLA 41:** Listado de nodos ópticos considerados en el anillo HFC del sector oriental.

NODO	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	FUNCIÓN
NOP 02	Nodo óptico primario	Barrió Central, Calle Sucre y Olmedo.	Concentrar señal óptica al sector sur oriente de la ciudad y la parroquia de Eugenio espejo.
NOP 03	Nodo óptico primario	Barrió Pucará de Desahuadero, Calle Sucre y Enrique Garcés.	Concentrar la red óptica hacia las parroquias de Araque, San Pablo y González Suárez.
NOT 01	Nodo óptico terminal	Barrió Central, Calle Roca y Morales.	Repartidor RF para los barrios: Central, La Florida y Monserrath.
NOT 02	Nodo óptico terminal	Barrió El Batán, calle Morales y Modesto Jaramillo.	Dividir tramos RF a la red de distribución a los barrios: El Batán y El Cardón, y el condominio Portales de San Juan.

NOT 03	Nodo óptico terminal	Barrio San Blas, Av. Atahualpa y Mejía.	Dividir tramos RF a la red de distribución para los barrios: San Blas y Copacabana.
NOT 04	Nodo óptico terminal	Urb. 31 de octubre, calle Beltrán y M. Rueda.	Dividir tramos RF a la red de distribución para la urb. 31 de Octubre.
NOT 05	Nodo óptico terminal	Urb. Samaria, calle Vista Tambo y P. Alarcón.	Dividir tramos RF a los barrios: La Joya y Punyaro alto, y urb. Samaria.
NOT 07	Nodo óptico terminal	Urb. IOA, calle los Corazas y los Sarance.	Dividir tramos RF para la red de distribución de la urb. IOA y San Sebastián.
NOT 15	Nodo óptico terminal	Barrio la Compañía, calle Sucre y S/N.	Dividir tramos RF para la red de distribución del barrio La Compañía
NOT 16	Nodo óptico terminal	Eugenio espejo, Bolívar y Enrique Garcés.	Dividir tramos RF para la red de distribución del sector céntrico de Eugenio Espejo.
NOT 17	Nodo óptico terminal	Araque, calle Sucre y 24 de Junio.	Dividir tramos RF para la red de distribución del sector céntrico de Araque.
NOT 18	Nodo óptico terminal	San Pablo, calle Sucre y Ayora.	Dividir tramos RF para la red del sector central de San Pablo.
NOT 19	Nodo óptico terminal	González Suárez, calle Eloy Alfaro y Gran Colombia.	Dividir tramos RF para la red del sector central de la parroquia de González Suárez.

**Fuente:** elaboración propia



**IMAGEN 60:** Red primaria HFC con cobertura al sector sur y este de Otavalo.

**Fuente:** elaboración propia en Visio 2010.

En esta topología, el objetivo del diseño HFC es que se conserve la mayoría de las redes de distribución coaxial desplegada actualmente por la empresa, con lo cual, la parte coaxial no tendrá mayores cambios en el tendido o ubicación de los equipos pasivos que reparten la señal a los clientes, además, además, la ventaja principal de una red HFC es eliminar las cascadas de amplificadores, los mismos que son empleados en su gran mayoría en la red troncal, así pues, con el despliegue de redes ópticas, pocos sectores de la red secundaria emplean amplificadores para llegar a los clientes con lo cual se garantiza que los cambios no afecten en gran medida a las redes secundarias a las cuales los clientes actualmente se conectan.

En sistemas IPTV un amplificador coaxial debe permitir comunicaciones upstream, en ese sentido, una gran ventaja del equipamiento de la planta externa de MULTICABLES.A es que tanto los amplificadores tanto minibridger como extensores de línea tienen módulos de retorno, ya que disponen de una circuitería denominada diplexor<sup>17</sup> la cual permite trabajar en frecuencias bajas (5 a 85 MHz solicitados por DOCSIS 3.0).

En la figura anterior, el triángulo que contiene otro triángulo concéntrico sombreado y apuntando en dirección contraria representa un amplificador coaxial con módulos de retorno.

De igual manera, el otro anillo de fibra óptica considerada en el diseño abarca el sector norte y occidente de la ciudad de Otavalo con extensiones de red hasta la parroquia de Ilumán según estudio de demanda del capítulo 2. En la tabla siguiente se indican los nodos que conforman este anillo óptico.

Como en el caso anterior, este anillo alimenta a los nodos ópticos terminales distribuidos en estrella a partir de un solo nodo óptico primario, la figura 61 indica la arquitectura en cuestión, donde igualmente trata de mantener la red de distribución coaxial instalada actualmente.

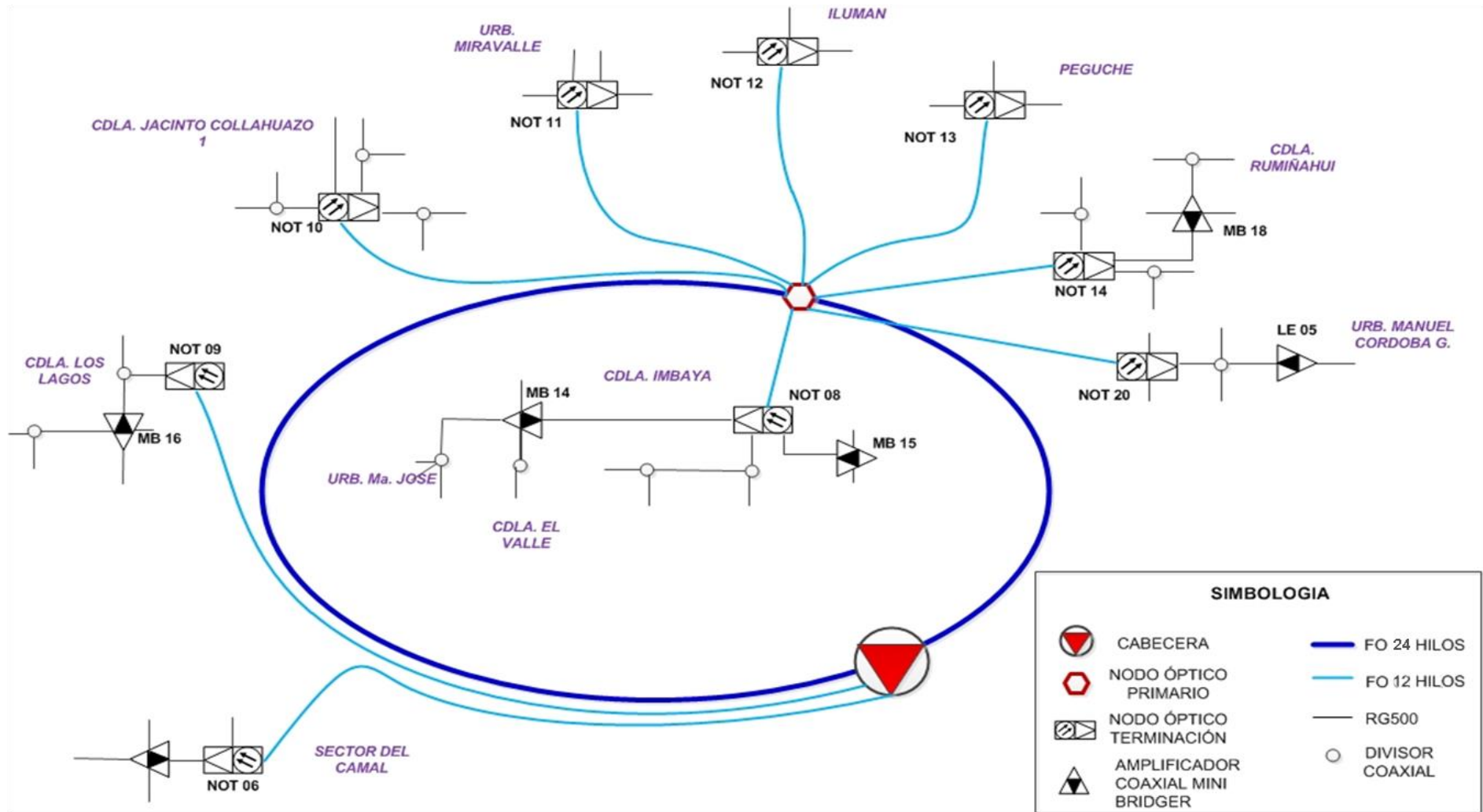
---

<sup>17</sup> Un diplexor permite que las señales de downstream y upstream viajen en diferentes direcciones al mismo tiempo a lo largo de una única línea coaxial, evitando el uso de una línea coaxial separada para cada señal.

**TABLA 42:** Listado de nodos ópticos considerados en el anillo HFC del sector norte y occidente de Otavalo.

<b>NODO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>FUNCIÓN</b>
NOP 01	Nodo óptico primario	Cdla. Rumiñahui, Calle Roque Egas y Manuel Andrade.	Concentrar señal óptica al sector sur norte de la ciudad y la parroquia de Ilumán.
NOT 06	Nodo óptico terminal	Coop. CSA, calle la Gruta y Av. De la Circunvalación.	Dividir tramos RF a la red de distribución a las cdlas.: Yanayaku 1 y 2, y El Jardín, las coop.: CSA y Ángel Escobar y barrio San Juan.
NOT 08	Nodo óptico terminal	Cdla. Imbaya, calle Pedro H. de la Reina y Juan de Carvajal.	Dividir tramos RF a la red de distribución a la cdla. Imbaya, y las urbs.: El valle y María José.
NOT 09	Nodo óptico terminal	Cdla. Los Lagos, calle San Pablo y Yahuarcocha.	Dividir tramos RF a la red de distribución de la cdla. Los Lagos.
NOT 10	Nodo óptico terminal	Cdla Jacinto Collahuazo 1, calle Esteban Peralta y Antonio Sinchico.	Dividir tramos RF a la red de distribución para la cdla. Jacinto Collahuazo 1.
NOT 11	Nodo óptico terminal	Urb. Miravalle, calle Los Ciprés y Arrayanes	Dividir tramos RF a la urb. Miravalle.
NOT 12	Nodo óptico terminal	Ilumán, calle Bolívar e Imbabura.	Dividir tramos RF a la parroquia de Ilumán.
NOT 13	Nodo óptico terminal	Peguche	Dividir tramos RF para la red de distribución de Peguche.
NOT 14	Nodo óptico terminal	Cdla. Rumiñahui, calle Elías Garzón y Manuel Andrade.	Dividir tramos RF para la red de distribución de la cdla. Rumiñahui y Plan de vivienda Venezuela.
NOT 20	Nodo óptico terminal	Urb. Manuel Córdoba, calle Patricio Villagrán y Marcelo Amaguaña.	Dividir tramos RF para la red de distribución de las urbs.: Manuel Córdoba y Antonio Mejía, y la coop. Jacinto Collahuazo 2 etapa.

**Fuente:** elaboración propia



**IMAGEN 61:** Red primaria HFC con cobertura al sector norte y oeste de Otavalo.

**Fuente:** elaboración propia en Visio 2010.

### 3.7.3 ELECCIÓN DE EQUIPOS DE LA PLATA EXTERNA

Nodos ópticos: Los nodos ópticos considerados en el diseño deben tener las siguientes características:

- Soporte de tráfico bidireccional en las frecuencias especificadas por DOCSIS 3.0 (Forward: 88 ~ 750 MHz; Reverse: 5 ~ 88 MHz) y operatividad en bandas NTSC.
- Cuatro puertos de salida coaxial de 75 ohm, bidireccionales e independientes.
- Módulos Atenuador y Ecuilizador incluidos.
- Transporte de tráfico multimedia.
- Operatividad con la longitud de onda especificada para el tipo de fibra óptica a utilizarse (1550 nm).
- Poseer un gabinete herméticamente cerrada para protección en instalaciones aéreas y a la intemperie.

Amplificador de puente (minibridger): en una red híbrida HFC es recomendable el uso de este tipo de equipos en situaciones donde se requiera compensar la atenuación debido a la longitud del tramo de cable coaxial y de los elementos pasivos que lo preceden. Disponen de 3 salidas para proveer señal a 3 redes de distribución secundaria, en cada línea de distribución se colocan los taps donde parten las acometidas de los suscriptores.

Cuando el tramo coaxial el tap es demasiado largo se requiere de Amplificadores de Extensión de Línea (Line-Extender Amplifiers).

- Operatividad en las frecuencias DOCSIS (5-750 MHz).
- Control de atenuación para ajustes de nivel de RF.
- Alta linealidad y bajo ruido.
- Equipamiento para tráfico bidireccional.
- Caja de intemperie para instalación aérea.
- Control de automático de ganancia.

## **Sugerencias en la red coaxial actual.**

Las revisiones técnicas a la planta externa no solo permitió recopilar información y datos respecto a de potencia de la señal, además permite detectar imperfecciones físicas a lo largo de la red coaxial que a su vez son fuentes adicionales de distorsiones. Para ambos sentidos, es decir, en el sentido descendente como en el retorno, a la señal se le va sumando y amplificando ruidos, distorsiones e interferencias que se levantan en el camino conforme la señal viaja y se ramifica o concentra, en diversos puntos de la red coaxial. En el enlace de retorno las repercusiones de estos efectos son muy importantes, debido a que el ruido se mezcla con la señal de retorno de todos los demás suscriptores y afecta la comunicación en general. La banda de retorno coincide con una zona del espectro ampliamente usada por transmisiones de onda corta, banda civil, transmisión de radio localizadores y algunos dispositivos inalámbricos de uso casero. Estas fuentes de radiación se filtran en la red como 'espurias' y alteran notablemente la transmisión desde el suscriptor a la cabecera.

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

- Reemplazar cables rotos, viejos o corroídos. Evitar el reuso de cable coaxial roto, viejo o deformado.
- Ajustar bien los conectores, eliminar conectores mal instalados y colocar las respectivas mangas termo contráctil en las uniones de cable coaxial.
- Sellar correctamente los amplificadores y eliminar amplificadores ruidosos, de baja calidad, dañados o corroídos.
- Aterrizar las acometidas y corregir tierras mal colocadas.
- Sustituir cables de acometida de bajo aislamiento (RG59).

Evitar que el suscriptor instale conectores o divisores adicionales de baja calidad y mal instalados.

Colocar terminadores de  $75\Omega$  en taps, divisores y acopladores direccionales para que no capten e ingresen ruido.



### 3.7.4 ELECCIÓN DE TIPO DE TENDIDO PARA RED DE FIBRA ÓPTICA

El tipo de tendido será aéreo, utilizando los postes de energía eléctrica que se encuentran desplegados en los sectores por donde se planifica realizar el tendido del cable de fibra según el estudio de la demanda realizada en el capítulo 2, algunas de las razones que influyeron en la decisión para optar este método son:

El tendido aéreo es menos costoso, debido a que si se decidiera por un tendido canalizado se necesita maquinaria adicional para trabajos de obra civil, además de los correspondientes permisos municipales. El tendido del cable es menos complejo, ya que utiliza los postes instalados por la empresa eléctrica. En el método subterráneo es necesario excavar una zanja para el tendido del cable.

Facilita la supervisión y mantenimiento del cable de fibra una vez cableado. Al estar el cable en los postes de energía eléctrica facilita la revisión en caso de fallas y el acceso es muy sencillo y rápido.

Este tipo de tendido presenta menos problemas de curvaturas y permite la revisión continua de la tensión de tendido del cable durante la instalación ya que el cable siempre se encuentra visible y se puede supervisar el tendido todo el tiempo.

En su construcción, la sujeción del cable en los postes se realizan con los respectivos herrajes<sup>18</sup> respetando el margen de seguridad vertical, es decir, los 50 centímetros por debajo de las líneas eléctricas de baja tensión, y como mínimo a 4 metros de desde la superficie (suelo) (ARCOTEL, 2015).

Para la colocación de los diferentes elementos del tendido, no se debe perforar el poste, ni colocarlos sobre estructuras de otros operadores; para fijar los herrajes se usan collares o cintas metálicas, y para sujetar los cables se utiliza cintas de amarras plásticas (ARCOTEL, 2015).

En zonas urbanas se define un vano (distancia entre postes) de 50 metros evitando excesivas curvaturas, así como tensiones adicionales en el tendido de los cables, en caso de requerir cruces aéreos se la realizará con el menor impacto visual posible (ARCOTEL, 2015).

---

<sup>18</sup> Un herraje es una estructura de acero galvanizado que sirven para sujetar o suspender el cable en la postera, existen los de tipo anclaje y de tipo pasante. Los de tipo anclaje se complementan con herrajes preformados para mantener una radio de curvatura menor a 20 cm.

En vanos consecutivos menores a 90 metros, se coloca un herraje de anclaje (herraje terminal) seguido de dos herrajes de paso; si los vanos superan los 90 metros, se colocan dos herrajes terminales consecutivos (UIT-T L.35, 2010).

La identificación de los elementos del cableado evita la confusión de similares estructuras de otros proveedores, para lo cual se emplean etiquetas plásticas de 12x8x0.3 cm donde se indican: nombre y el teléfono del propietario; para MULTICABLE S.A. la etiqueta es de color blanca con letras de color roja, las mismas que deben estar ubicado en un lugar visible, sea a la derecha o izquierda del poste (ARCOTEL, 2015).

La instalación de elementos del tendido de cable aéreo depende de las condiciones que establezca la persona jurídica propietaria de los postes, en el caso de MULTICABLE S.A. tiene actualmente un contrato vigente con la empresa eléctrica EMELNORTE, para la extensión de la red se debe actualizar el inventario de postes usados, cuyo valor adicional es de USD 2.73 anuales por cada poste.

A cada enlace óptico está incluido un margen de reserva de cable (5% de la distancia total del enlace). Esta longitud será distribuida a lo largo del enlace dispuestos en reservas de 30 metros (15 metros en cada lado si hubiese un empalme), colocados a una distancia de 500 metros entre cada una de las reservas. Además se proveerá reservas si se establece algún cambio en la dirección en la ruta o cuando sea necesario realizar una derivación del enlace (UIT-T L.35, 2010).

### **3.7.5 ELECCIÓN DEL CABLE ÓPTICO**

Las distancias de los enlaces que unen los diferentes nodos van desde 800 metros a 9 Km y las velocidades de transmisión requeridos en el sistema HFC, sugieren en uso de fibras monomodo para el diseño del presente proyecto, las cuales deben estar contenidas en cables tipo ADSS. Este conjunto representara línea de transmisión en tendido aéreo de la red de acceso del sistema HFC de la empresa MULTICABLE S.A.

La característica de autosuspendido del cable ADSS es suficientemente estable respecto a vientos por lo cual no es necesario considerar el efecto galloping<sup>19</sup> en ellos. En tramos que se incremente el largo del vano, es conveniente suspenderlo de un tensor de acero independiente y sujetado mediante grapas a él.

---

<sup>19</sup> El efecto galope, son movimientos bruscos debido a la fuerza del viento ejercida sobre un tramo de cable tendido al exterior.

En redes troncales se recomienda emplear un cable de al menos 24 hilos de fibra (UIT-T L.10, 2010).

Se recomienda que estos cables posean debajo de la cubierta exterior, una capa de hilos Kevlar impregnados en sustancia conductora, que permita la circulación de corriente inducida por el campo eléctrico, con lo cual se reduce en forma importante los efectos sobre la cubierta exterior (UIT-T L.10, 2010).

**TABLA 43:** Características de la Fibra Monomodo de dispersión desplazada no nula (Recomendación G.655).

PARÁMETRO	VALOR
ATENUACIÓN en 1550 nm	$\leq 0.35$ dB/Km
PMD* en fibra desnuda	Max individual $\leq 0.1$ ps/Km
PMD de fibra en cable	$\leq 0.5$ ps/Km
Dispersión cromática entre 1530 y 1565 nm	1.0 a 10 ps/nm.km (8 a 1550 nm)
Dispersión cromática entre 1565 y 1625 nm	7.5 a 13.4 ps/nm.km (12 a 1550 nm)
Longitud de onda de dispersión cero	$\leq 1425$ nm
Diámetro del campo modal a 1550 nm	$9.2 \pm 0.5$ $\mu$ m
Diámetro de la cubierta	$125 \pm 1$ $\mu$ m
No circularidad de la cubierta	$\leq 1$ %
Error de concentricidad núcleo/cubierta a 1550 nm	$\leq 0.6$ $\mu$ m

Nota: \*la dispersión por polarización del modo (PMD) es la variación de la velocidad de propagación debido a la superficie circular no uniforme.

**Fuente:** <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.655-200911-I/es>

Se selecciona la tercera ventana de operación (1550 nm) debido a que se tiene baja atenuación en comparación a las otras ventanas ópticas y la dispersión es cercana a cero cumpliendo con la recomendación ITU-T G.655, lo cual es primordial en los enlaces a largas distancias y altas velocidades, en el anexo 6 se adjuntan las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones para cada tipo de fibra óptica.

### **3.7.6 CÁLCULO DEL ENLACE**

Uno de los requerimientos importantes para realizar el cálculo de un enlace de fibra óptica es determinar la longitud de cada segmento de la red HFC las cuales deben incluir la holgura del 5% recomendada, la tabla 44 indica las longitudes de los enlaces que se estiman para la red de acceso de MULTICABLE S.A. A sí mismo la tabla 45 contiene los tramos secundarios que van a desplegarse en estrella a partir de la cabecera de red.

Las tablas 46 y 47, contienen los enlaces desde cada nodo primario hacia los diferentes nodos terminales ubicados por los diferentes lugares del cantón Otavalo, cuyos valores complementan la totalidad de enlaces ópticos estimados para la red HFC. Cabe recalcar que para cada enlace se emplean dos hilos de fibras, uno para downstream y otro para upstream.

**TABLA 44:** Longitudes de los anillos ópticos de la red primaria de MULTICABLE S.A

ENLACE	LONGITUD (Km)	HOLGURA (5%)	LONGITUD TOTAL (Km)	DESCRIPCIÓN
CRC-NOP01a	1.31	0.07	1.38	Enlace principal desde la cabecera a HUB primario 1 del anillo noroeste.
CRC-NOP01b	3.50	0.18	3.68	Enlace de reserva desde la cabecera a HUB primario1 del anillo noroeste.
CRC-NOP02	1.23	0.06	1.29	Enlace principal cabecera a HUB primario 2 del anillo sureste.
NOP2-NOP03	6.51	0.33	6.84	E. principal HUB 2 a HUB 3 del anillo sureste (sector laguna San Pablo).
CRC-NOP03	5.76	0.29	6.05	Enlace reserva de cabecera a HUB primario 3 del sector laguna San Pablo.

**Fuente:** elaboración propia

**TABLA 45:** Longitudes de los enlaces ópticos secundarios a partir de la cabecera de MULTICABLE S.A

ENLACE	LONGITUD (Km)	HOLGURA (5%)	LONGITUD TOTAL (Km)	DESCRIPCIÓN
CRC-NOT01	0.58	0.03	0.61	Enlace secundaria desde cabecera a nodo sector Centro de la ciudad.
CRC-NOT02	0.52	0.03	0.55	Enlace secundaria desde cabecera a nodo sector Centro de la ciudad.
CRC-NOT06	1.05	0.05	1.10	Enlace secundaria desde cabecera a nodo sector occidente (sector camal).
CRC-NOT07	0.42	0.02	0.44	Enlace secundaria desde cabecera a nodo sector destacamento Policía N.
CRC-NOT09	1.95	0.10	2.05	Enlace secundaria desde cabecera a nodo sector noroeste (cdla. Los lagos).

**Fuente:** elaboración propia

**TABLA 46:** Longitudes de los enlaces ópticos de la red secundaria del anillo sur de MULTICABLE S.A.

ENLACE	LONGITUD (Km)	HOLGURA (5%)	LONGITUD TOTAL (Km)	DESCRIPCIÓN
NOP02-NOT03	0.41	0.02	0.43	Enlace secundaria desde HUB primario 2 a nodo sector sur (Copacabana).
NOP02-NOT04	0.39	0.02	0.41	E. secundaria desde HUB primario 2 a nodo sector suroeste (sector Bosna).
NOP02-NOT05	0.62	0.03	0.65	E. secundaria desde HUB primario 2 a nodo sector sur (vía Mojanda).
NOP02-NOT16	3.90	0.20	4.10	E. secundaria desde HUB primario 2 a nodo sector este (vía Eugenio Espejo).
NOP03-NOT15	0.84	0.04	0.88	E. secundaria desde HUB primario 3 a nodo sector La Compañía.
NOP03-NOT17	4.30	0.22	4.52	E. secundaria desde HUB primario 3 a nodo sector parroquia de Araque
NOP03-NOT18	6.15	0.31	6.46	E. secundaria desde HUB primario 3 a nodo sector central San Pablo.
NOP03-NOT20	9.30	0.47	9.77	E. secundaria desde HUB primario 3 a nodo parroquia González Suarez.

**Fuente:** elaboración propia

**TABLA 47:** Longitudes de los enlaces ópticos de la red secundaria del anillo norte de MULTICABLE S.A.

ENLACE	LONGITUD (Km)	HOLGURA (5%)	LONGITUD TOTAL (Km)	DESCRIPCIÓN
NOP01-NOT08	0.48	0.02	0.50	E. secundaria desde HUB primario 1 a nodo sector cdla. Imbaya.
NOP01-NOT10	0.40	0.02	0.42	E. secundaria desde HUB primario 1 a nodo sector cdla. JC 1 etapa.
NOP01-NOT11	0.48	0.02	0.50	E. secundaria desde HUB primario 1 a nodo sector urb. Miravalle.
NOP01-NOT12	5.20	0.26	5.46	E. secundaria desde HUB primario 1 a nodo parroquia Ilumán.
NOP01-NOT13	2.60	0.13	2.73	E. secundaria desde HUB primario 1 a nodo sector Peguche.
NOP01-NOT14	0.34	0.02	0.36	E. secundaria desde HUB primario 1 a nodo sector cdla. Rumiñahui.
NOP01-NOT20	0.63	0.03	0.66	E. secundaria desde HUB primario 1 a nodo sector urb. Manuel Córdoba G.

**Fuente:** elaboración propia

Con estos valores se procede a calcular el valor de atenuación por cada enlace de fibra óptica, adicional a las perdidas por longitud, es necesario recurrir a valores de fábrica respecto a la inserción de pérdidas de los dispositivos que intervienen en cada enlace. Como se mencionó, la fibra óptica elegida para el caso de estudio es de tipo monomodo ADSS, la atenuación de la fibra óptica es de 0.35 dB por cada Km y se considera un factor de dispersión de 1 dB. En estas longitudes se realizan el terminado con la colocación de conectores tipo SC-APC cuya pérdida será máximo 0.5 dB por cada uno. Adicionalmente, se consideran las perdidas por empalmes ópticos (pérdidas de 0.1 dB utilizando técnica de fusión) requeridos en casos de uniones en enlaces ópticos de longitudes superiores a 4 Km (longitud máxima de cada carrete de fibra ADSS) especificados en las tablas anteriores.

Por ejemplo, la atenuación total de los enlaces que conforman anillo de fibra óptica que conecta el transmisor ubicado en la cabecera y el nodo primario NOP01 ubicado en la cdla. Rumiñahui (sector norte de la ciudad) resulta de considerar que la longitud es de 1.31 Km que corresponde al enlace principal CRC-NOP01a, y su enlace de respaldo CRC-NOP01b es de 3.5 Km. Con estos valores, la atenuación resulta de la siguiente fórmula (Organización Internacional de Estandarización/Comisión Electrotécnica Internacional ISO/IEC 11801, 2002);

$$AT = A_F L + A_E N_e + A_C N_c + M_r$$

Donde,

**AT:** Atenuación total en dB

**AF:** Coeficiente de atenuación según hoja técnica del cable (0.35dB/Km según norma EIA/TIA 568 B3).

**L:** Longitud total del cable desplegado incluido el 5% de margen de holgura (CRC-NOP01a=1.38 Km).

**AE:** Atenuación por empalme (0.1 dB con técnica de fusión según norma)

**Ne:** Cantidad de empalmes utilizados (CRC-NOP01a= 0 empalmes).

**AC:** Atenuación por conectores (0.5dB en conectores SC)

**Nc:** Cantidad de conectores (2, uno en cada extremo del enlace).

**Mr:** Margen de reparación de 1 o 2 dB de margen, contemplando alguna reparación extra, por cortes, cambios de trayectorias del cableado, etc. (Roger Freeman, 2012: 250-253).

$$AT_{\text{CRC-NOP01a}} = 0.35[\text{db/Km}] * 1.38 [\text{Km}] + 0 * 0.1 [\text{dB}] + 0.5 [\text{dB}] * 2 + 1 [\text{dB}]$$

$$AT_{\text{CRC-NOP01a}} = 2.481 [\text{dB}]$$

De igual manera, para el enlace de raspado CRC-NOP01b se tiene:

$$AT_{\text{CRC-NOP01b}} = 0.35[\text{db/Km}] * 3.68 [\text{Km}] + 0 * 0.1 [\text{dB}] + 0.5 [\text{dB}] * 2 + 1 [\text{dB}]$$

$$AT_{\text{CRC-NOP01b}} = 3.286 [\text{dB}]$$

Los valores de la atenuación total generada en un enlace óptico permiten a su vez estimar la potencia total de llegada en la los receptores ópticos remotos (receptores en NOP01), para ello se emplea la siguiente fórmula (ISO/IEC 11801, 2002):

$$P_{\text{IN(RX)}} = P_{\text{OUT(TX)}} - AT$$

Donde,

**P<sub>IN</sub>:** Potencia de entrada en receptor de nodo primario.

**P<sub>OUT</sub>:** potencia de salida del transmisor en la cabecera de red (min. 2 dBm según especificaciones del equipo en anexo).

**AT:** Atenuación total del enlace óptico (Roger Freeman, 2012: 250-253).

Para el presente ejemplo, el enlace primario CRC-NOP01a se tiene un nivel de señal de:

$$P_{\text{IN(NOP01)}} = 2 [\text{dBm}] - 2.481[\text{dB}] = -0.481 [\text{dBm}]$$

En el enlace de respaldo CRC-NOP01b, se estima que:

$$P_{\text{IN(NOP01)}} = 2 [\text{dBm}] - 3.286[\text{dB}] = -1.286 [\text{dBm}]$$

Si consideramos que un receptor presenta un nivel de sensibilidad de -4 a 2 dBm (ver más especificaciones en el anexo) la potencia de entrada en NOP01 calculada anteriormente, tanto en el enlace principal como en la de respaldo están dentro dicho rango, por lo que el enlace es óptimo (ITU-T G.650.3, 2008).



Para el otro anillo troncal considerado en el diseño, los cálculos son similares, puesto que el equipamiento y el cable óptico usado es el mismo. En la tabla 40 se indican las atenuaciones y niveles de señal de cada tramo primario y secundario.

Por otra parte, los cálculos para enlaces secundarios, es decir desde los nodos ópticos primarios hacia los nodos ópticos terminales, tanto la atenuación y nivel de señal resultan de realizar un proceso similar a los cálculos de los enlaces de anillos primarios. Por ejemplo, el enlace que parte desde el nodo primario NOP01 ubicado en la cdla. Rumiñahui hasta el repartidor NOT 08 de la cdla. Imbaya (resultados de cálculos en tabla 40).

$$AT_{NOP01-NOT08} = 0.35[\text{db/Km}] * 1.38 [\text{Km}] + 1 * 0.1 [\text{dB}] + 0.5 [\text{dB}] * 2 + 1 [\text{dB}]$$

$$AT_{NOP01-NOT08} = 2.559 [\text{dB}]$$

El nivel de señal resulta de calcular:

$$P_{IN(NOT08)} = 2 [\text{dBm}] - 2.559[\text{dB}] = -0.559 [\text{dBm}]$$

**TABLA 48:** Valores de Atenuación y niveles de señal de los enlaces ópticos principales y secundarios de la red HFC de MULTICABLE S.A.

Nro.	ENLACE	LONG. (Km)	AL (dB)	# EMPALME	AE (dB)	# CONECTOR	AC (dB)	MARGEN REPARA C. (dB)	AT (dB)	PIN en RX (dBm)
1	CRC-NOP01a	1.376	0.481	0	0	2	1	1	2.481	-0.481
2	CRC-NOP01b	3.675	1.286	0	0	2	1	1	3.286	-1.286
3	CRC-NOP02	1.292	0.452	0	0	2	1	1	2.452	-0.452
4	NOP2-NOP03	6.836	2.392	1	0.1	2	1	1	4.492	-2.492
5	CRC-NOP03	6.048	2.117	1	0.1	2	1	1	4.217	-2.217
6	CRC-NOT01	0.609	0.213	0	0	2	1	1	2.213	-0.213
7	CRC-NOT02	0.546	0.191	1	0.1	2	1	1	2.291	-0.291
8	CRC-NOT06	1.103	0.386	1	0.1	2	1	1	2.486	-0.486
9	CRC-NOT07	0.441	0.154	0	0	2	1	1	2.154	-0.154
10	CRC-NOT09	2.048	0.717	0	0	2	1	1	2.717	-0.717
11	NOP02-NOT03	0.431	0.151	0	0	2	1	1	2.151	-0.151
12	NOP02-NOT04	0.410	0.143	0	0	2	1	1	2.143	-0.143
13	NOP02-NOT05	0.651	0.228	0	0	2	1	1	2.228	-0.228
14	NOP02-NOT16	4.095	1.433	1	0.1	2	1	1	3.533	-1.533
15	NOP03-NOT15	0.882	0.309	0	0	2	1	1	2.309	-0.309
16	NOP03-NOT17	4.515	1.580	1	0.1	2	1	1	3.680	-1.680
17	NOP03-NOT18	6.458	2.260	1	0.1	2	1	1	4.360	-2.360
18	NOP03-NOT20	9.765	3.418	1	0.1	2	1	1	5.518	-3.518
19	NOP01-NOT08	0.504	0.176	1	0.1	2	1	1	2.276	-0.276
20	NOP01-NOT10	0.420	0.147	1	0.1	2	1	1	2.247	-0.247
21	NOP01-NOT11	1.313	0.459	1	0.1	2	1	1	2.559	-0.559
22	NOP01-NOT12	5.460	1.911	0	0	2	1	1	3.911	-1.911
23	NOP01-NOT13	2.730	0.956	1	0.1	2	1	1	3.056	-1.056
24	NOP01-NOT14	0.357	0.125	0	0	2	1	1	2.125	-0.125
25	NOP01-NOT20	0.662	0.232	0	0	2	1	1	2.232	-0.232

Fuente: elaboración propia

## **CAPÍTULO IV**

### **4 VIABILIDAD FINANCIERA Y MARCO REGULATORIO**

El capítulo último de este trabajo de grado realiza un estudio financiero respecto a los costos referenciales de la inversión que involucraría implementar una red HFC diseñada en el capítulo anterior, detallando los costos por adquisición e instalación del equipamiento, costos por contratar servicios portadores, etc. Se realiza además un análisis del Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno con la finalidad de determinar la viabilidad del proyecto.

Finalmente el capítulo cuatro describe algunas consideraciones reglamentarias otorgadas por los entes regulatorios del Ecuador sobre los aspectos a cumplir para la transición de un operador de audio y video por suscripción bajo modalidad cable físico (concesión actual de la empresa MULTICABLE S.A.) a proveedores de servicio de valor agregado (MULTICABLE S.A. como ofertante 3play).

#### **4.1 CÁLCULO DE EGRESOS**

Una vez que concluido el estudio de mercado respecto a la demanda de la población urbana del cantón Otavalo, y presentado una propuesta de diseño de la red HFC, el trabajo se oriente en justificar la viabilidad del proyecto con la obtención del costo para poner en marcha las diferentes adecuaciones en la red de la empresa de televisión por cable Multicable S.A. Para lo cual, y en primera instancia, los cálculos requieren establecer la inversión inicial para equipar la red, la totalidad de equipos empleados en la cabecera digital para tratamiento de IPTV, posteriormente del equipamiento empleado en los enlaces ópticos que conforman la red HFC, que como indicó en el capítulo anterior, la red HFC diseñada para MULTICABLE S.A. consta básicamente de la fibra óptica como medio de transmisión y equipos terminales ópticos como nodos de la topología en anillo.

##### **4.1.1 COSTOS POR ADQUISICIÓN DE EQUIPAMIENTO**

El diseño propuesto en este trabajo trata, en la mayoría casos, de mantener la gran inversión que conllevó el desplazamiento de la red CATV analógica en los inicios de la empresa, así pues en la cabecera de red, el equipamiento para recepción de señales de televisión sea terrestre o satelital se mantienen; la digitalización y tratamiento de dichas señales involucra a la adquisición de nuevos equipos.

En la tabla 49 están registradas los equipos y demás dispositivos que comprenden la cabecera de red, además indica el valor del costo monetario para poner en funcionamiento el servicio de IPTV. En resumen en dicha tabla se informa que es necesario invertir alrededor de 75 400 dólares americanos.

Dichos rubros son resultado de consultar a diferentes proveedores de insumos de televisión por cable en el medio, y al momento la empresa MULTICABLE S.A trabaja conjuntamente con la proveedora CLAUPEL TELECOMUNICACION <sup>20</sup> que disponen de los equipos para poner en marcha una red de televisión por cable de siguiente generación.

**TABLA 49:** Costos referenciales por adquisición de equipamiento de la cabecera IPTV.

EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
ADC-CODIFICADOR MPEG2/H.264/SD-HD/4 IN/MARCA PICODIGITAL PD1000	11	700	7 700
MULTIPLEXOR-SCRAMBLER/MPEG/4 IN/MARCA PICODIGITAL PMX41	3	1 693.75	5 081.25
SWITCH GIGABIT CISCO SGE 2010 P	1	3 312.5	3 312.5
MODULADOR QAM/MARCA PICO DIGITAL	4	832.5	3330
CHASIS+FUENTE DE ENERGIA PARA MODULADOR PQM/MARCA PICO DIGITAL	1	222.5	222.5
SERVIDOR MIDDLEWARE NETUP	1	4 500	4 500
SERVIDOR DE VOD CISCO 9300	1	10431.25	10 431.25
SERVIDOR DE TARIFACION NETUP BILLING	1	1 800	1 800
CMTS Cisco Ubr10012 IOS 12.2/DOCSIS 3.0	1	25 000	25 000
SOFTSWITCH CISCO BTS10200 RTU-P50	1	9500	9500

<sup>20</sup> Ubicado en Calderón, Quito-Pichincha, Es un proveedor especializado en materiales y soluciones en el campo de las telecomunicaciones, sobre todo aquellas que están orientadas a la convergencia de servicios y tecnologías, a través de redes de fibra óptica y de televisión por cable, networking y cableado estructurado. Son importadores directos de productos certificados, cumpliendo con las normas y estándares internacionales de calidad.

EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
COMBINADOR BI-DIRECCIONAL/MARCA PICO DIGITAL	1	222.18	222.18
TRANSMISOR OPTICO PICO DIGITAL/1550nm	1	1 844.93	1 844.93
RECEPTOR OPTICO PICO DIGITAL	1	843.73	843.73
ROUTER GIGABIT EHERNET MIKROTIK 1100 AH	1	411.25	411.25
SISTEMA DE CLIMATIZACION EMERSON LIBIERT	1	930.40	930.40
RACK DE PISO ABIERTO	1	232.59	232.59
		<b>TOTAL=</b>	<b>75 362.60</b>

**Fuente:** elaboración propia a partir de proformas a enero de 2014 empresas CLAUPET TELECOMMUNICATION-QUITO, precios referenciales obtenidos de <http://www.amazon.com/> y <http://www.globalpricelists.com/>

Otra parte del sistema IPTV es la red por donde viajarán las señales y que según el diseño, requiere de varios dispositivos que conformaran la red primaria y secundaria HFC, por lo que es necesario estimar los costos de adquisición y además es muy importante considerar los costos de montaje y despliegue de la red, con lo que los rubros pueden aumentar considerablemente; debido a que una vez adquirido los equipos de red necesariamente se debería contratar personal calificado, vehículos, maquinarias, remolque portabobinas, instrumentos, herramientas y equipos para trabajar con fibra óptica, ya que a la fecha la empresa Multicable no dispone de dichos insumos.

Otra opción más viable es, por ejemplo, la que están adoptando grandes empresas de telecomunicaciones como la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P. en contratar los servicios de una empresa privada para realizar todo lo referente a planta externa de una red por fibra óptica.

Una de las ventajas más importantes en optar por esta última opción es la garantía en el trabajo que ofrece el personal calificado y experimentado que interviene, el uso de materiales y equipos homologados, el cumplimiento tiempo de entrega de la obra, además de que la empresa contratante (en este caso Multicable) no debe preocuparse en cantidad de mano de obra a aplicarse, el material extra, la depreciación, alquiler de maquinarias, etc.

La empresa contratista de telecomunicaciones dedicada a la implementación de sistemas y redes de fibra óptica, con mayor presencia en las provincias de Carchi, Imbabura y Esmeraldas es la filial norte de Plusgas S.A<sup>21</sup>.

La tabla de a continuación detalla los costos por adquisición y mano de obra para le despliegue de los enlaces ópticos que comprenden la planta externa de la red HFC de Multicable S.A.

**TABLA 50:** Costos referenciales para despliegue de la planta externa HFC.

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Suministro e instalación de Nodo Óptico Terminal/ 1 entrada óptica/4 salidas RF/MARCA LINKTEL.	20 unidades	748.75	14 975
Suministro e instalación de Fuente de poder 110VAC-60VAC/MARCA ALPHA.	20 unidades	373.75	7 475
Suministro y tendido de Cable ADSS Fibra óptica monomodo G.655/24 HILOS/MARCA DRAKA. (vanos de 120 m)	5 340 m	2.66 x m	14 204.40
Suministro y tendido de Cable aéreo ADSS Fibra óptica monomodo G.655/24 HILOS/MARCA DRAKA. (vanos de 40 m)	29 130 m	2.28 x m	75 155.40
Suministro y tendido de cable aéreo ADSS de fibra óptica monomodo G.655/12 HILOS/MARCA DRAKA. (vanos de 40 m)	6410	1.88	12 050.80
Suministro y colocación de manga aérea (apertura y cierre)	11	88	968

<sup>21</sup> Es una empresa privada dentro de la industria de empresas de construcción pesada en Guayaquil, Guayas.

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Suministro e instalación de herraje de retención para fibra ADSS 2 extensiones (vano max.120m)	506	10.71	5 419.26
Herraje tipo b (cónico) para cable de fibra óptica adss	746	14.4	1 0742.4
Preformado helicoidal para vano hasta de 120m para fibra adss 10,8-11,4mm	506	18.46	9 340.76
Fusión de hilo de fibra óptica con pigtail	74	14.59	1 079.66
Fusión de 1 hilo de fibra óptica	54	8.32	449.28
Preparación de punta de cable de fibra óptica y sujeción de cables de 6 - 96 hilos	34	7.06	240.04
Prueba bidireccional de transmisión fibra óptica (por punta. por fibra. en 1 ventana) + traza reflecto métrica	74	15.21	1 125.54
Sangrado de cable fibra óptica adss de 6 - 48	7	9.13	63.91
Suministro y colocación etiqueta de cable para exteriores	300	1.84	552
		<b>TOTAL=</b>	<b>15 3841.45</b>

**Recuperado de:** elaboración propia a partir de proformas a enero de 2014 contratista PLUSGAS S.A.

Además, como indica el análisis de la estructuración de una red HFC en el capítulo 3, a nivel de suscriptor también es necesario instalar el equipamiento necesario, que garantice la recepción de video y datos, para ello, la tabla siguiente indica el equipamiento requerido.

**TABLA 51:** Costos referenciales por adquisición de equipamiento de suscriptor de servicios IPTV e Internet.

EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
CABLE MODEM MOTOROLA SB6121 SURFboard DOCSIS 3.0	133	61.25	8 146.25
SET-TOP-BOX iView 3500STBII	800	40.63	32 500
		TOTAL=	40 646.25

\*cantidad inicial según estudio demanda capítulo 2

**Recuperado de:** elaboración propia a partir de proformas a enero de 2014 empresas CLAUPEY TELECOMMUNICATION-QUITO, precios referenciales obtenidos de <http://www.amazon.com/> y <http://www.globalpricelists.com/>

#### 4.1.2 COSTOS POR CONTRATACIÓN DE SERVICIOS

Por otra parte, es importante acotar que la empresa deberá contratar servicios portadores a empresas o carriers que disponen de redes para el sector de Otavalo, para el caso de Internet se optó por la empresa TELCONET, debido a las siguientes razones:

- Redes de acometida y acceso de Fibra óptica,
- Disponibilidad desde el 99.6%,
- Latencias al backbone en Estados Unidos de Norteamérica a 80 ms, y última milla disponible para Otavalo (TELCONET, 2014).

La siguiente tabla especifica los costos por contratar el plan de Internet dedicado a la empresa TELCONET S.A. según requerimientos de capacidad realizado en el capítulo 3, para las 133 suscriptores estimados para el primer año una vez implementado el servicio se requiere 26.6 Mbps, lo que equivale a 13 E1s (ya que cada tributario E1 equivale a una capacidad total de 2.048 Mbps), entonces.

**TABLA 52:** Costos para contratar Internet dedicado a la empresa TELCONET.

DESCRIPCIÓN	PRECIO MENSUAL x E1 (USD)	PRECIO MENSUAL TOTAL (USD)
Internet dedicado de 26 624 Kbps* 1:1	160	2795

\*cantidad inicial según estudio capacidad capítulo 3

**Recuperado de:** elaboración propia a partir de planes corporativos de la página web oficial de la empresa TELCONET (<http://www.telconet.net/servicios/internetdedicado>)



Para el caso de contratar servicios de troncales telefónicas, la opción más viable es contratar el plan troncal telefónico E1 de la empresa pública CNT EP, sobre todo debido a la tecnología de última generación que facilitan a sus clientes corporativos tales como: NGN, MPLS, cobre, microondas, GPON y además presentan cobertura nacional de Fibra Óptica y el servicio incluye el acceso E1 de última milla y los modems terminales.

El costo total por contratar servicios portadores de telefonía está registradas en la tabla siguiente:

**TABLA 53:** Costos para contratar troncal telefónica E1 a la empresa CNT EP.

CATEGORIA	PRECIO DE INSCRIPCIÓN (USD)	PRECIO MENSUAL DEL PLAN (USD)
Troncal Telefónica E1*	1800	225

\*cantidad inicial según estudio capacidad capitulo 3

Recuperado de: <http://www.cnt.gob.ec/>

En resumen, la tabla 54 incluye todos los costos por implementar el proyecto de diseño de la red HFC propuesta en este trabajo de grado:

**TABLA 54:** Inversión inicial total para implementación del sistema IPTV.

DESCRIPCIÓN	TOTAL (USD)
Costos por Cabecera IPTV	75 362.60
Costos por Red HFC	153 841.45
Costos por equipamiento suscriptor	40 646.25
Costos por contratar servicios	5 020
<b>TOTAL INVERSION INICIAL=</b>	<b>274 870.30</b>

Recuperado de: elaboración propia

### 4.1.3 GASTOS OPERATIVOS

Los egresos anuales para el funcionamiento de la empresa como una portadora multiservicios, tal como se la está planteando en este trabajo, requiere de un desembolso periódico de capital, como pago de servicios contratados (energía eléctrica, internet, televisión), salarios, etc. A continuación se detallan los egresos que se deben considerar para mantener operativo el sistema una vez puesta en marcha.

En la tabla 55 indica los gastos operativos describen los egresos anuales, entre ellas el porcentaje de depreciación<sup>22</sup> de equipos e instalaciones es del 10%, por lo que si el costo total de adquisición del equipamiento USD 137 208,85 por lo que la depreciación anual es igual a USD 13 720,89 (Servicios de Rentas Internas del Ecuador [SRI], 2014).

Además se especifica los pagos de servicios prestados por concepto de mano de obra (sueldo a trabajadores), siendo necesario para la operación de la red la contratación de un centralista que administre el funcionamiento de los equipos de la cabecera, así como 2 técnicos integrales que realicen trabajos en planta externa, considerando el correspondiente aumento a su salario, que en los últimos años ha tenido una media del 4.11% (El Diario, 2014: párr. 1).

Los demás rubros de egreso son por servicios contratados de internet banda ancha, televisión por suscripción, telefonía y energía eléctrica calculados por los 12 meses que tiene cada periodo analizado en este trabajo.

**TABLA 55:** Gastos operativos para la operación del sistema IPTV.

CONCEPTO/PERIODO	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Depreciación equipos (10%)	0	13720,89	13720,89	13720,89	13720,89	13720,89	13720,89
Pago energía eléctrica-planta externa	480	480	480	480	480	480	480
Pago energía eléctrica-cabecera red	360	360	360	360	360	360	360
Compra equipos suscriptor	40650,25	31837,2	43260,45	53896,6	62216,84	67934,32	70638,47
Sueldo centralista	9600	9995	10405	10833	11278	11742	12224
Sueldo técnicos	8160	8495	8845	9208	9586	9981	10391
Pago proveedor TV	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000
Pago Proveedor internet	14962,5	40342,5	95478,75	204311,3	400640,6	732234,4	1260821
Pago proveedor telefonía	2700	2700	2700	5400	8100	10800	13500
<b>TOTAL=</b>	<b>100912,8</b>	<b>131931</b>	<b>199250</b>	<b>322209,8</b>	<b>530383</b>	<b>871252</b>	<b>1406136</b>

**Recuperado de:** elaboración propia

<sup>22</sup> La depreciación es el mecanismo mediante el cual se reconoce el desgaste que sufre un bien por el uso que se haga de él.

## 4.2 CÁLCULO DE INGRESOS

En primera instancia, los ingresos son estimados en un horizonte de planeación, que viene a ser el tiempo en el que la empresa deberá consolidarse en el mercado, así que todos los criterios evaluativos estarán medidos por el mismo horizonte de planeación para poder obtener su rentabilidad y de esta forma conocer si el proyecto podría ser factible para el inversionista. El horizonte de planeación para este proyecto será de 7 periodos, tal cual se planificó el estudio de la demanda.

Los ingresos provienen en su totalidad por venta de servicios de IPTV, Internet y telefonía, y es lo permitirá hacer un comparación con la inversión para determinar la rentabilidad del proyecto, en ese sentido en la actualidad MULTICABLE S.A. provee un único plan de CATV y las demás empresas de telecomunicación en la localidad (tanto de CATV e Internet) también siguen este lineamiento, por tanto es difícil considerar un precio por paquetes de servicios ya que en el medio local no hay alguna referencia de un tarifa por cobrar a los suscriptores por servicios integrados.

Por tanto queda la opción de acudir a empresas de ámbito nacional, como la empresa GRUPO TVCABLE que ya oferta servicios 3play y además tiene una sucursal en la ciudad de Ibarra, es posible tomar como referencia los precios que al momento se manejan en este tipo de empresas.

A partir de la información de sobre los planes ofrecidos en la empresa GRUPO TVCABLE se tiene que el plan básico (TV, telefonía de 600 min, internet básico) tiene un costo de USD 38.49 y el plan de entretenimiento total (canales HDTV, telefonía 1 700 minutos e internet banda ancha smart-básico) tiene un costo de USD 178.43 (GRUPO TVCABLE, 2014).

Además los ingresos pueden sumar el valor por suscripción, que, por concepto de instalación de un equipo receptor en la red de acometida, configuración de televisores, equipos de Internet (WIFI), actualización de software, etc., para ello se toma un valor medio de USD 100.00, como referencia es que los proveedores de Internet en Otavalo cobran valores desde USD 75 a USD 100 por instalación.

Entonces, los planes que podrían ofertar MULTICABLE S.A. como Operador Multiservicios MSO y los ingresos son:

**TABLA 56:** Planes residenciales referenciales para servicios 3 play de la empresa MSO MULTICABLE.

PLAN	DESCRIPCIÓN	PVP (USD)	PRECIO POR SUSCRIPCIÓN (USD)
<b>Plan básico</b>	42 Canales SDTV, telefonía fija 600 min. e internet banda ancha 2/0.5 Mbps	40	75
<b>Plan especial</b>	Canales HDTV, canales de audio, telefonía 1000 min. e internet banda ancha 5/1 Mbps	100	75

**Recuperado de:** elaboración propia

Adicionalmente, uno de los ingresos es por concepto de servicio de video bajo demanda VoD, que como es una novedad mundial aun no está muy difundida en nuestra localidad, por ende los precios serán referidos por sistemas que ya ofertan VoD a nivel mundial, como es el caso de netflix<sup>23</sup> por una mensualidad de USD 7.99. A nivel nacional la operadora móvil CLARO está ofertando el servicio VoD denominado claro video por una mensualidad de USD 8.40, por ende la empresa podría ofertar VoD por un costo de USD 10.00 mensuales por cada contenido, de igual manera para el servicio de PPV (CLARO, 2014).

Con estas consideraciones, los ingresos estimados para los primeros 7 años una vez puesta en operación el sistema son.

**TABLA 57:** Ingreso por planes residenciales referenciales para servicios 3 play de la empresa MSO MULTICABLE.

DESCRIPCIÓN	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
PLAN BASICO	63840	133440	244800	406080	617280	874560	1167360
PLAN ESPECIAL	15600	33360	61200	101520	154320	218640	291840
CONTENIDO VoD	12480	25920	48000	80520	124200	178800	242640
CONTENIDO PPV	12720	26400	48720	81720	125880	180960	245400
SUSCRIPCIÓN	9975	10875	17400	25200	33000	40200	45750
					<b>105468</b>	<b>149316</b>	
TOTAL=	<b>114615</b>	<b>229995</b>	<b>420120</b>	<b>695040</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1992990</b>

**Recuperado de:** elaboración propia

<sup>23</sup> Netflix es una empresa comercial de entretenimiento que vende streaming películas y series de televisión a cambio de una cuota de suscripción mensual.

En síntesis, en un proyecto empresarial, antes de ingresar un nuevo rubro de negocio es muy importante analizar la posible rentabilidad del proyecto con el fin de conocer su viabilidad. En el presente trabajo, la mejora de infraestructura involucra invertir un capital y se espera obtener una rentabilidad a lo largo de los años.

Dos parámetros muy usados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto son el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno). Ambos conceptos se basan en la estimación de los flujos de efectivo que tenga la empresa (simplificando, ingresos menos gastos netos).

### 4.3 FLUJO EFECTIVO NETO

El flujo neto de efectivo es un término de contabilidad que describe los movimientos de efectivo (ingresos y gastos) en un periodo determinado, es decir, se refiere al estado de cuenta que refleja la cantidad de efectivo que se conserva después de los gastos.

**TABLA 58:** Flujo de Efectivo estimada para un periodo de 7 años

AÑO	EGRESOS	INGRESOS	FLUJO DE CAJA
T0	100912,75	114615	13702,25
T1	131930,53	229995	98064,47
T2	199249,96	420120	220870,04
T3	322209,78	695040	372830,22
T4	530383,08	1054680	524296,92
T5	871251,85	1493160	621908,15
T6	1406135,66	1992990	586854,34

**Recuperado de:** elaboración propia

#### 4.3.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, se obtiene alguna ganancia. El resultado se expresa como un valor en dinero (por ejemplo, USD. 3000); si el resultado es positivo, el proyecto es viable; si el resultado es cero, del proyecto no se obtendrá ni ganancias ni pérdidas; y si el resultado es negativo, el proyecto es financieramente no viable.



### 4.3.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

El segundo indicador que ayuda a determinar si un proyecto es viable o no es la Tasa Interna de Retorno, éste se relaciona con el VAN, ya que utilizando una fórmula similar, determina cuál es la tasa de descuento que hace que el VAN de un proyecto sea igual a cero. La TIR se expresa como un porcentaje (por ejemplo, TIR=30%). La fórmula general para obtener el VAN es la siguiente (César Aching, 2012: 48):

$$VAN = -A + \sum_{s=1}^n \frac{Q_s}{(1+i)^s} = 0$$

De donde;  $A$  es el valor de la inversión inicial,  $n$  es el periodo de inversión,  $Q$  flujo de caja en el momento  $s$ , e  $i$  la tasa de descuento.

La herramienta digital Excel ofrece aplicar una función cuya nomenclatura es: TIR, y devuelve la tasa interna de retorno de una serie de flujos de caja (en la figura 62 se puede observar dicho proceso para obtener la TIR) (César Aching, 2012: 49).

*Sintaxis:*

=TIR (matriz que contiene los flujos de caja).

Para la toma la decisión, si un TIR es inferior a la Tasa de Descuento de la empresa, la inversión debe ser desestimada; mientras que si la TIR es superior a la Tasa de Descuento, la inversión es factible (César Aching, 2012: 47).

En el caso de estudio la TIR calculada es del 59%, y la Tasa de Descuento es del 11.5%, por ende la Tasa Interna de Retorno es mucho más alto que la Tasa de Descuento lo que determina que el proyecto es viable financieramente.

## 4.4 MARCO REGULATORIO

En cuanto a las reglamentaciones en el campo de las telecomunicaciones, el ente regulador del Ecuador es la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), siendo ésta una institución creada recientemente, opera desde el 18 de febrero del 2015 con la vigencia la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, aprobada en febrero por la Asamblea Nacional. A partir de entonces, se procedió a la fusión de la Superintendencia de Telecomunicaciones (Supertel), la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (Senatel) y el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (Conatel), con el objetivo de conformar la nueva Agencia de Regulación de las Telecomunicaciones.

Institución que integrará las funciones de administración, regulación y control de las telecomunicaciones y el espectro radioeléctrico (Leticia Pautasio, 2015: párr. 1-2).

ARCOTEL está adscripto al Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información; cuenta con un directorio conformado por el ministro de Telecomunicaciones, el secretario de Planificación y Desarrollo, y el delegado del Presidente de la República.

Respecto al tema de estudio, la Ley Orgánica de Telecomunicaciones vigente ubica a los cable operadores dentro de las redes públicas de telecomunicaciones y define a la televisión pagada como (ARCOTEL, 2015: párr. 1) “el servicio que presta a través de los sistemas de audio y video por suscripción los cuales transmiten y eventualmente reciben señales de imagen, sonido, multimedia y datos, destinados exclusivamente a un público particular de suscriptores”.

Algo interesante de la definición anterior es que respecto a una red tradicional de televisión por suscripción, las nuevas reglamentaciones consideran la posibilidad de brindar servicios integrados de video y datos, confirmando el apoyo del estado en la modernización y/o convergencia de las redes de telecomunicaciones. Algo muy importante a la hora de brindar un servicio de televisión interactiva.

En ese sentido, está claramente descrito en uno de los objetivos de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (ARCOTEL, 2015: párr. 6): “Promover y fomentar la convergencia de redes, servicios y equipos”.

Además dicha Ley sugiere que “Los operadores de redes públicas de telecomunicaciones deberán cumplir con los planes técnicos fundamentales, normas técnicas y reglamentos específicos relacionados con la implementación de la red y su operación, a fin de garantizar su interoperabilidad con las otras redes públicas de telecomunicaciones” (ARCOTEL, 2015: párr. 15).

Lo cual afianzan aun más la necesidad de modernizar los sistemas actuales, la mayoría analógicas, hacia sistemas que se manejan bajo esquema comunes, todo-IP.

A pesar de todo lo mencionado anteriormente, no deja de ser simplemente interpretaciones, pues no hay una reglamentación específica para empresas que oferten IPTV como tal.



Referente a ello, Iñaki Ferreras, corresponsal de la organización internacional RapiTVNews<sup>24</sup> menciona sobre la falta de regulación en el ámbito IPTV en Latinoamérica,

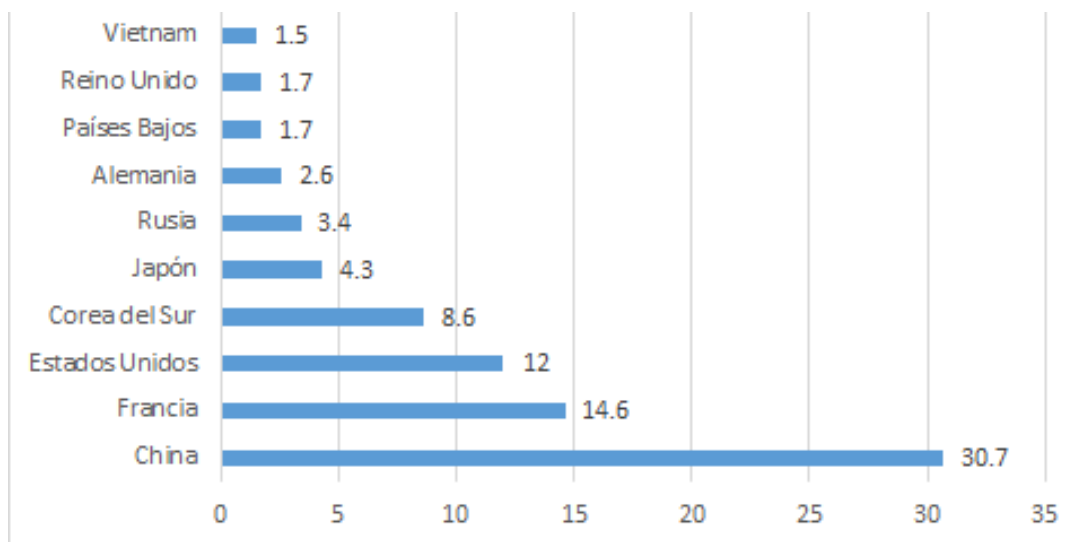
*Los diferentes gobiernos latinoamericanos y también del resto del mundo aún no tienen bien clara la regulación que en ámbito se le dará a la IPTV, pues cada país debe definir si es un servicio de difusión bajo el concepto de lo que conocemos como televisión o si es contenido por internet.....en América Latina, esta discusión apenas comienza a mencionarse, pero sin ningún caso concreto de regulación ni definición.*

El otro aspecto relevante para la regulación es si un proveedor actual de contenidos digitales, como es el caso de los proveedores de Internet (ISP), que cuentan con ancho de banda suficiente en su red pudiese convertir en una empresa de IPTV compitiendo con varios de sus servicios con los operadores de televisión pagada. En la mayor parte de los países de la región se conceden licencias para los distintos tipos de servicios de telecomunicaciones, y las ISP son claramente distintas de las de TV para abonados. Esto ha resultado en la discusión de si IPTV debe ser regulada o no como TV para abonados, y si este es el caso, si es conveniente que una empresa de telecomunicaciones que provee telefonía fija y móvil, por ejemplo, también brinde servicios de TV para abonados (Marcio Wohlers y Martha García Murillo, 2014: 118).

Es muy importante avanzar en estas normativas, puesto que el mercado de servicios convergentes a mediano plazo generará interés en los operadores actuales y fomentarán la creación de otros operadores que brinden planes más atractivos de entretenimiento total teniendo conocimiento pleno de que en otras regiones empresas de IPTV ven una gran rentabilidad en ofertar este tipo de servicios. Como se aprecia en la imagen siguiente, los suscriptores mundiales de IPTV crecieron un 21% en 2014 (Efrén Páez, 2014)

---

<sup>24</sup> RapidTVNews es una web de noticias diarias de la industria de la televisión conformado por un equipo internacional de periodistas del el Reino Unido, Alemania, Australia, España, Francia e Italia, etc. que informan sobre todos los aspectos relacionados con la tecnología del broadcast.



**IMAGEN 63:** Crecimiento de suscriptores a IPTV en el mundo según estudios Media telecom Policy & Law<sup>25</sup>.

**Fuente:** <http://www.mediatelecom.com.mx/index.php/agencia-informativa/noticias/item/63375-suscriptores-mundiales-de-iptv-crecen-21-en-2013>

A nivel de las Américas, la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, CITEL es el órgano asesor de la Organización de los Estados Americanos en asuntos relacionados con las telecomunicaciones TIC. Éste fue establecido por la Asamblea General en 1994, con la misión de promover el desarrollo integral y sostenible de las telecomunicaciones TIC en el Hemisferio (Comisión Interamericana de Telecomunicaciones).

La CITEL está conformada por todos los países miembros de la Organización de los Estados Americanos (OEA) y más de 100 Miembros Asociados provenientes de la industria de telecomunicaciones, Internet, medios electrónicos, como ALCATEL-LUCEN (Argentina), Ericsson, Google (Argentina), Nokia, Microsoft, Qualcomm, Cisco Systems, At&T, Huawei Technologies entre otros.

De momento, lo seguro es la recomendación de la ARCOTEL para la digitalización de sistemas de televisión por cable como parte de la revolución digital que promueve el gobierno nacional; sus consideraciones se las encuentra en la resolución RTV - CONATEL-2013 vigente desde el 19 de marzo de 2013 en la cual se encuentra detallada “LA NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DIGITAL DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN BAJO LA MODALIDAD DE CABLE FÍSICO”.

<sup>25</sup> consultora regional en materia de política de telecomunicaciones y apropiación de nuevas tecnologías., <http://mediatelecom.com.mx/>

Cuyo fin es establecer las regulaciones técnicas básicas para la explotación del Servicio Digital de Audio y Video por Suscripción en el cable operadores. La mencionada normativa indica los parámetros para garantizar la calidad técnica de las señales digitales de audio y video, su compatibilidad con las señales transmitidas por el servicio de televisión abierta bajo los estándares adoptados en el Ecuador y asegurar que las señales difundidas no causen interferencias perjudiciales a sistemas radioeléctricos, así como precautelar que las instalaciones de los sistemas de cable no constituyan riesgos a la integridad de las personas (Norma Técnica completa en anexo 8 ) (ARCOTEL, 2015).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Una finalizado el presente trabajo de grado, se puede mencionar las siguientes conclusiones:

- La empresa MULTICABLE S.A., es un proveedor de televisión por cable cuyo sistema aun es mayormente analógico, desde la cabecera, pasando por múltiples trayectorias de cable coaxial hasta el punto de acometida del cliente.
- La atenuación en redes de televisión por cable se debe mayormente a la longitud del cable, pues a mayor longitud, mayor atenuación.
- La atenuación en redes de televisión por cable se solventada utilizando cables coaxiales de mayor calibre y colocando amplificadores cada tramo de 600 metros en la red troncal, y cada 300 metros en la red de distribución. Cuando se tenga un nivel de señal mínimo de 20 dBmV al extremo remoto del cable coaxial es necesario detener la prolongación de la red sin el uso de un amplificador.
- A partir del sexto amplificador se inserta energía empleando fuentes de corriente alterna para ganar en potencia, pero la cantidad de amplificadores en cascada no puede ser ilimitado, debido a que por cada amplificador que se use se degenera la calidad de la señal, por ende si una empresa operadora de cable tiene metas de llegar a lugares mucho más distantes se recomienda utilizar un cable coaxial más grueso (RG700 o más) con la cual se gana en longitudes de 1 Km sin necesidad de amplificación.
- La calidad de la señal de video en redes de televisión por cable se mide en CNR (relación portadora-ruido, mínimo 43 dB), CSO (distorsión de componentes de segundo orden) y CTB (distorsión de tercer orden), tanto CSO y CTB deben medir mínimo 51 dBmV al extremo del último tramo coaxial. Valores menores a los indicados anteriormente involucran que en el televisor del cliente la imagen se recepte con cierta espurias generando un distorsiones en la recepción.
- Los pasivos de la red son estructuras más pequeñas como conectores, uniones, divisores y derivadores del cable coaxial (el cable coaxial también forma parte de los pasivos de la red) y el uso de una gran cantidad de pasivos dentro de un mismo tramo insertan cantidades adicionales de atenuación (hasta 5 dB por cada divisor).

- Irónicamente, la atenuación no siempre es una desventaja, y en ciertos sectores de la red de distribución la utilizan para una óptima recepción en los televisores, esto debido a que si un cliente desea el servicio y está ubicado dentro de los primeros metros del tramo coaxial de distribución, el nivel de señal es muy fuerte (alrededor de 50dB) y podría saturar los sintonizadores de los televisores que trabajan hasta con 5 dB (mínimo 0 dB), la solución es acudir a los atenuadores de las salidas de los derivadores, para ello se realizan un proceso complejo denominado splicing o mejor conocido como tapeado para elegir correctamente el derivador de acometida según la distancia a la que se encuentre del activo más cercano, desde un derivador de 32 dB de atenuación hasta derivadores de 11 dB ubicados a pocos metros del final del tramo.
- En cuanto a la central o cabecera de red, no se ha mencionado mucho, porque realmente no es un proceso muy complejo, el principio es el siguiente: recepción, demodulación (decodificación para el caso de señales satelitales), colocación en nuevos canales (modulación) y combinación de todos canales en señales audiovisuales dentro del espectro NTSC y que pasaran a conformar la nueva programación.
- Las redes híbridas de cable coaxial y fibra óptica (HFC), son la solución ideal para propósitos de convergencia de servicios sobre redes de televisión por cable, ya que aprovechando las características de baja atenuación y largo alcance la fibra óptica permite eliminar la cascada de amplificadores sobre todo en la red troncal con lo cual se garantiza entregar un nivel de señal alrededor de 52 dB a la red coaxial de distribución distante de la cabecera, y lo más importante, manteniendo los parámetros de calidad de señal como si estuviese en ella.
- La tendencia a ofertar IPTV a través de redes HFC ha sido una de las aplicaciones más sobresalientes, con lo cual se cambia completamente la concepción de ver televisión tradicional (regirse a lo ofrecido por la operadora en tiempo y contenido) a verdaderos programas de contenidos interactivos y de alta calidad, pero requiere de cambios considerables en la infraestructura del cable operador, desde el equipamiento para la digitalización total de señales en la cabecera hasta la manera de recibir señales en los televisores del cliente.

- Respecto a la viabilidad del proyecto, en primera instancia, el mercado otavaleño conoce (no ha profundidad) de servicios relacionados con IPTV como televisión a la carta, Internet y telefonía, así lo demuestran los resultados de las encuestas, la misma que nos indica además que 2/3 de los consultados en las parroquias urbanas de Otavalo están interesados en contratar los mencionados servicios a través de una misma conexión cableada y un único pago mensual. Los habitantes más interesados según la encuesta están ubicados en las parroquias San Luis, El Jordán (pertenecientes al casco urbano de la ciudad), San Juan de Ilumán, Eugenio Espejo, San Pablo Y González Suárez.
- Con el trabajo presentado se determina que el proyecto es viable, que su inversión generará una rentabilidad positiva en un periodo de 7 años, puesto que, tanto los resultados obtenidos de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno (59%) así lo demuestran.

## RECOMENDACIONES

En cuanto a ciertas sugerencias, el presente trabajo de grado permite puntualizar los siguientes:

- La tecnología analógica de la actual red de televisión por cable de la empresa Multicable S.A. queda obsoleta para la demanda de servicios digitales en la actualidad, por ende, es importante considerar actualizar y mejorar sus redes a redes digitales de banda ancha en corto o mediano plazo como máximo, pudiendo competir con el mercado de telecomunicaciones que cada vez mas apuntan a servicios integrales completos.
- Para contrarrestar las dificultades de la red analógica, se recomienda hacer énfasis en la minimización de la atenuación, guiándose en el diseño de la red HFC propuesta en este trabajo que considera el trayecto del tendido del cable óptico, así como, los puntos exactos donde serán colocados los nodos ópticos garantizando futuras ampliaciones de red, y sobre el reuso de aquellas redes coaxiales que aún pueden convivir y soportar los nuevos servicios.
- Según el diseño, se recomienda hacer uso de fibra óptica monomodo que cumpla con la norma ITU-T G.655, equipos con características de escalabilidad, sobre todo el CMTS (Sistema Terminal de Modems de Cable) y Cable Modems que permitan escalar a nuevas versiones DOCSIS 3.1 (en desarrollo actualmente y con grandes probabilidades de implementación dentro del periodo de vida útil de los equipos) que permitan despuntar a sistemas de mucha más capacidad (más de 10 Gbps) que van de la mano con los desarrollos de electrodomésticos y aplicaciones ultra alta definición, 4K, 3D, etc.
- Realizar mantenimiento preventivo a la red coaxial, puesto que, como se muestra en el diseño, la red HFC abarca la mayoría de la red de distribución actual, entonces los trabajos relacionados a verificar, reparar o cambiar uniones, reemplazar divisores, derivadores y demás pasivos en estado de deterioro (que inserten distorsiones y atenuación innecesaria) es indispensable para garantizar los enlaces digitales tanto en enlaces de bajada y retorno.

- Al momento los amplificadores coaxiales operan a 750 Mhz, y los nuevos estándares DOCSIS 3.1 aumentan el espectro de frecuencias hasta 1 GHz; según el cálculo de tráfico y capacidad total del sistema del capítulo 3 nos demuestra que para los clientes proyectados para el año 2020 (5451 suscriptores según proyección de demanda del capítulo 2) los amplificadores serán operativos totalmente, pero al mismo tiempo la proyección mundial en servicios televisivos y aplicaciones se orientan cada vez más a una mayor tasa de definición, interactividad y convergencia lo que involucra escalar inevitablemente a sistemas DOCSIS 3.1, por ende, contrario a adquirir amplificadores coaxiales que soporten más de 1 GHz se recomienda a largo plazo invertir en redes que lleguen con fibra óptica hasta el hogar (FTTH) que como se orienta y se ha comunicado por medio del gobierno nacional a julio del 2014, Ecuador en corto plazo será productor y exportador de fibra óptica, reduciendo considerablemente los costos en equipamiento.
- Se recomienda además, la máxima explotación de los beneficios que ofrece la fibra óptica, como es el amplio alcance de la transmisión con fibras monomodo, puesto que según el estudio de mercado del trabajo de grado actual, el máximo alcance es de 14 Km aproximadamente, pudiendo abarcar las parroquias más lejanas (Iluman y Gonzales Suárez) sin necesidad de amplificación y por ende manteniendo la inversión económica.
- En cuanto al estudio económico, se recomienda actualizar los valores del VAN y TIR en relación a las tarifas al momento de implementar el sistema, puesto que los precios por servicios de televisión pagada e internet constantemente están variando, sobre todo empresas ya establecidas en el mercado tienden a bajar costos, reduciendo los valores de ingresos calculados al momento de realizar este diseño. Ventajosamente, los costos del equipamiento y servicios corporativos están en la misma tendencia, por lo que podría equilibrar la relación egresos respecto a ingresos (Flujo efectivo neto).



## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS

Ciciora Walter, Farmer James, Large David y Adams Michael (2004). *Modern Cable Television Technology (2 ed.)*. Oxford, Reino Unido: Elsevier

Long, Mark E. (2003). *The Digital Satellite TV Handbook*. Estados Unidos de América: Newnes

Freeman, Roger (2012). *Fundamentals of Telecommunications (2nd ed)*. New York: John G. Proakis.

ANTEC, Inc. (2008). *750 MHz Mini-Bridger INSTALLATION AND OPERATION MANUAL (1 ed.)*. Estados Unidos: ANTEC

Hewlett Packard (1994). *Cable Television System Measurements Handbook*. California, Estados Unidos de América: Fountain Grove Parkway

O'driscoll, Gerard. (2008). *Next generation iptv services and technologies*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Forouzan, Behrouz (2010). *Transmisión de Datos y Redes de Comunicación (2 ed.)*. Madrid, España: Mc.Graw-Hill.pdf

Helt, Hilbert (2007). *UNDERSTANDING IPTV*. Estados Unidos de América: AUERBACH PUBLICATIONS

Simpson, Wes (2008). *Video Over IP IPTV, Internet Video, H.264, P2P, Web TV, and Streaming: A Complete Guide to Understanding the Technology (2nd. Ed.)*. Burlington, Estados Unidos de América: Focal Press

Tanenbaum, A. (2012). *Redes de Computadoras (5ta ed.)*. Ciudad de México: Pearson.

## REVISTAS

Alfano, Claudio (2014). *Revista Negocios de Seguridad RNDS - Elementos de transmisión para la seguridad electrónica*. 63, (125-129).

Alfano, Claudio (2013). *Revista Negocios de Seguridad RNDS – Fibra Optica y sensor CCD*. 49, (123-122).

Sánchez, Luis (2012). *Técnica y divulgación: Cables Coaxiales*. 3, (25-28)

Jaramillo Palacios, L. (2008). *La TDT llega al Ecuador. Revista institucional SUPERTEL*. 3, (3-25).

## TESIS

Fernandez mezas, S. (2012). *Cabecera de televisión por cable*. (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, ESP.

Monteros Montenegro, N. (2009). *Diseño de un sistema para la prestación de triple play basado en protocolo internet para el concesionario de audio y video por suscripción Cayambe Visión*. (Tesis inédita de Ingeniería). Escuela Politécnica Nacional, Quito, ECU.

Romero Paz, M. (2012). *Propuesta de la prestación de servicios de banda ancha mediante el empleo conjunto de tecnologías catv y plc*. (Tesis inédita de Maestría). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, ECU.

Sánchez Meza, E. (2008). *Implementación de iptv a través de enlaces de internet de banda ancha (televisión sobre ip)*. (Tesis inédita de Maestría). Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala, GUA.

## PUBLICACIONES ELECTRÓNICAS

Álvarez, Salomón (s.f.). *PROYECTO TECNICO-ECONOMICO PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE TELEVISION POR CABLE (CATV) EN LA CIUDAD DE TRUJILLO - PERU*. Recuperada de Repositorio digital de la UNAL (Núm. 1080072415).

- De León, Omar (2009). *Perspectivas de las tecnologías de telecomunicaciones y sus implicancias en los mercados y Marcos regulatorios en los países de América Latina y el Caribe*. Recuperado de Repositorio digital de la CEPAL (Núm. 3728).
- Ariza, Adriana (2013). *MÉTODOS UTILIZADOS PARA EL PRONÓSTICO DE DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN*. Recuperada de Repositorio digital de Universidad Tecnológica de Pereira (Núm. 62131A719).
- Fernández, Sergio (2012). *Cabecera de Televisión por Cable*. Recuperado de Repositorio digital de Universidad Politécnica de Madrid (Núm. 62131A719).
- Ramírez, David (2010). *Diseño y comparación de una red utilizando lazer free y fibra óptica, para la comunicación entre el edificio de oficinas y el edificio de bodegas de Quifatex*. Recuperado de Repositorio digital de Escuela Politécnica Nacional del Ecuador (Núm. CD2839).
- Santamaría, John y Álvarez, Vladimir (2012). *ESTUDIO APROVECHAMIENTO DEL CABLE DE GUARDA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION PARA TELECOMUNICACIONES: PERFIL ECONOMICO - SOCIAL PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER*. Recuperado de Repositorio digital de Universidad Industrial de Santander (Núm. 112676).
- Aching, César (2012). *MATEMÁTICAS FINANCIERAS PARA TOMA DE DECISIONES EMPRESARIALES*. Edición electrónica. Texto completo en [www.eumed.net/libros/2006b/cag3](http://www.eumed.net/libros/2006b/cag3)
- Marcio Wohlers y Martha García Murillo (2014). *EnREDos. Regulación y estrategias corporativas frente a la convergencia tecnológica*. Recuperado de Repositorio digital de la CEPAL (Nro. S384E612009)

## LINKOGRAFIA

Díaz, Sergio (2012). *Sistemas avanzados de comunicaciones-redes de cable*. Recuperado de: [www.dte.us.es/personal/sdiaz/sac/redes-cable.pdf](http://www.dte.us.es/personal/sdiaz/sac/redes-cable.pdf)

Ecured (2014). *Antena yagi uda*. Recuperado de: [http://www.ecured.cu/Antena\\_Yagi\\_Uda](http://www.ecured.cu/Antena_Yagi_Uda)

Neoteo (2014). *Electrónica básica: coaxiales*. Recuperado de: <http://www.neoteo.com/electronica-basica-coaxiales>

TVRO (2014). *An introduction to TVRO antenna*. Recuperado de: <http://www.tvroantenna.com/posts/39>

Satélite Sur (2014). *Conocimientos de satélite*. Recuperado de: <http://www.msosol.com/satelitesur/conocimientos%20de%20satelite.html>

Comisión Federal de Comunicaciones, FCC (2011). *TECHNICAL STANDARDS: MULTICHANNEL VIDEO AND CABLE TELEVISION SERVICE*. Recuperado de: <http://transition.fcc.gov/mb/engineering/605.html>

Sateliteclasea (2014). *Que es un LNB*. Recuperado de: [http://www.sateliteclasea.com/qu\\_\\_es\\_un\\_l.n.b.html](http://www.sateliteclasea.com/qu__es_un_l.n.b.html)

Ministerio de Educación de España (2014). *Los estudios de Televisión*. Recuperado de: <http://recursos.cnice.mec.es/media/television/bloque5/pag1.htm>

Asociación Nacional de Cable y Telecomunicaciones de los Estados Unidos de América, NCTA (2014). *A STUDY OF THE CABLE INDUSTRY'S IMPACT ON THE U.S. ECONOMY*. Recuperado de: <https://www.ncta.com/impact-of-cable>

PicoMacom, Inc (2014). *806MHz Agile CATV A/V Demodulator*. Recuperado de: [http://picodigital.com/\\_docs/\\_user\\_manual/53-pm-pfad900cs.pdf](http://picodigital.com/_docs/_user_manual/53-pm-pfad900cs.pdf)

PicoMacom, Inc (2012). *Headend combiner CHC-16U*. Recuperado de: <http://maiteymario.net/mario/work/PSG/catalog/PICO/catv10.pdf>

Consejo Latinoamericano de Televisión por Multicanales, LAMAC (2014). *MÉTRICAS AMÉRICA LATINA-DISTRIBUCIÓN POR CABLE OPERADOR*. Recuperado de: <http://www.lamac.org/america-latina/metricas/distribucion-por-cable-operador/>

- Guerrero Roberto (2010). *Historia de la televisión en el Ecuador y en la ciudad de Loja*. Recuperado de: [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)
- Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, ARCOTEL (2015). *ESTADÍSTICAS 2015*. Recuperado de: <http://www.arcotel.gob.ec/estadisticas/estadisticas/>
- Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, AME (2014). *Cantón Otavalo*. <http://www.ame.gob.ec/ame/index.php/institucion/objetivos-estrategicos/67-mapa-cantones-del-ecuador/mapa-imbabura/287-canton-otavalo>
- Santa cruz, Oscar (2014). *Parámetros característicos de las fibras ópticas*. Recuperado de: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlanteExterior/IntroduFO2.pdf>
- Parks Associates (2013). *Connected TV environments: The Next Iteration of TV Advertising*. Recuperado de: <http://www.parksassociates.com/index.php>
- A.Derbyshire y K.C.Rajh (s.f.). *Video Transmission Over Broadband Networks*. Recuperado de: [http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise\\_96/journal/vol4/arad/report.html](http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/arad/report.html)
- Prensario internacional (2014). *EE.UU: La FCC aumentó requisito para 'banda ancha'*. Recuperado de: <http://www.prensario.net/11987-EEUU-La-FCC-aumento-requisito-para-banda-ancha.note.aspx>
- Diario El Hoy (2014). *Internet la velocidad se duplica en el país*. Recuperado de: <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/internet-la-velocidad-se-duplica-en-el-pais-606281.html>
- Carmelo Garitaonandía, Emilio Fernández Peña y José Olega (2014). *Predictores del consumo del pago por programa. Hacia una tipología de usuarios de los vídeoservicios*. Recuperado de: <http://www.ehu.eus/zer/hemeroteca/pdfs/zer15-04-garitaonaindia.pdf>

Westbay Engineers Limited (2014). *Erlang B Calculator*. Recuperado de: <http://www.erlang.com/calculator/erlb/>

Marcano, Diógenes (2014). *Conceptos y Elementos Básicos de Tráfico en Telecomunicaciones*. Recuperado de: [http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion\\_telecomunicaciones/Capitulo%205%20Modelos%20de%20Tráfico.pdf](http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion_telecomunicaciones/Capitulo%205%20Modelos%20de%20Tráfico.pdf)

Servicio de Rentas Internas del Ecuador, SRI (2014). *Depreciación acelerada de activos fijos*. Recuperado de: [www.sri.gob.ec/web/guest/depreciacion-acelerada-de-activos-fijos](http://www.sri.gob.ec/web/guest/depreciacion-acelerada-de-activos-fijos)

El diario (2014). *El salario básico unificado aumenta a 354 dólares en Ecuador*. Recuperado de: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/341887-el-salario-basico-unificado-aumenta-a-354-dolares-en-ecuador/>

TELCONET (2014). *INTERNET DEDICADO*. Recuperado de: <http://www.telconet.net/servicios/internetdedicado>

GRUPO TVCABLE (2014). *PRODUCTOS Y SERVICIOS ADICIONALES*. Recuperado de: [www.grupotvcable.com.ec/grupo/armatucombo](http://www.grupotvcable.com.ec/grupo/armatucombo)

Pautasio, Leticia (2015). *Ecuador: Ley de Telecomunicaciones entra en vigencia y Arcotel inicia sus funciones*. Recuperado de: <http://www.telesemana.com/blog/2015/03/06/ecuador-ley-de-telecomunicaciones-entra-en-vigencia-y-arcotel-inicia-sus-funciones/>

Eggerstedt, Heidi (2014). *El paso final de la convergencia: All IP*. Recuperado de: <http://blog.teldat.com/?p=264&lang=es>

Municipio de Otavalo (2014). *Datos del cantón*. Recuperado de: [http://www.otavalo.gob.ec/webanterior/?page\\_id=838](http://www.otavalo.gob.ec/webanterior/?page_id=838)

Arriola, Héctor (2011), *Programa de Formación continua a Docentes de Educación Física*. Recuperado de: <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2011/hhaf/metodo.html>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC (2014). *BANCO DE INFORMACIÓN ESTADÍSTICA*. Recuperado de: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/banco-de-informacion/>

- Torres, Mariela (2014). *TAMAÑO DE UNA MUESTRA PARA UNA INVESTIGACIÓN DE MERCADO*. Recuperado de: [http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_02\\_BAS02.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_02_BAS02.pdf)
- El Telégrafo (2014). *Apagón analógico iniciará el 31 de diciembre 2016*. Recuperado de: <http://www.telegrafo.com.ec/economia/item/apagon-analogico-iniciara-el-31-de-diciembre-2016.html>
- DELOITTE (2014). *Tecnología, Medios de Comunicación y Telecomunicaciones Predicciones 2014*. Recuperado de: [http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/pe/Documents/technology/predictions\\_tmt/tmt\\_predicciones\\_2014.pdf](http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/pe/Documents/technology/predictions_tmt/tmt_predicciones_2014.pdf)
- Haiek, Eduardo Luis (2013). *EFFECTOS DE LA TELEVISION EN LA SOCIEDAD*. Recuperado de: <http://www.rppnet.com.ar/efectostv.htm>
- Mullen, Megan (2014). *DISTANT SIGNAL*. Recuperado de: <http://www.museum.tv/eotv/distantsigna.htm>
- Fernández, Emilio (1999). *Orígenes y desarrollo de la televisión por cable en los Estados Unidos y España*. Recuperado de: <http://www.ull.es/publicaciones/latina/biblio/valencia99/43va5.htm>
- Montes, Faustino y González Guillermo (2004). *Datos sobre sistema de televisión por cable*. Recuperado de: <http://www.ie.itcr.ac.cr/faustino/Redes/DatosCable.pdf>
- Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá, ETB (2014). *ANEXO G1-3.4 POLÍTICAS PARA RED DE FIBRA OPTICA AEREA*. Recuperado de: [www.etb.com.co/nuestracom/.../866731182ANEXO\\_XG1\\_3\\_4XFO.DOC](http://www.etb.com.co/nuestracom/.../866731182ANEXO_XG1_3_4XFO.DOC)



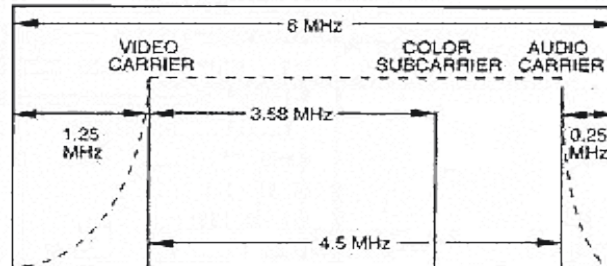
# ANEXOS

## ANEXO 1: FRECUENCIAS DE DIFUSIÓN DE TELEVISIÓN, NTSC

### North American Television Frequencies/Channels (MHz)

SUB-BAND				
Channel	Band Width	Carriers Video	Carriers Audio	
T-7	5.75	11.75	7	11.5
T-8	11.75	17.75	13	17.5
T-9	17.75	23.75	19	23.5
T-10	23.75	29.75	25	29.5
T-11	29.75	35.75	31	35.5
T-12	35.75	41.75	37	41.5
T-13	41.75	47.75	43	47.5

TV-IF	40	46	45.75	41.25
-------	----	----	-------	-------



Low Band				
CH	Band Width	Carriers Video	Carriers Audio	
2	54	60	55.25	59.75
3	60	66	61.25	65.75
4	66	72	67.25	71.75
54 IRC	72	78	73.25	77.25
5	76	82	77.25	81.75
55 IRC	78	84	79.25	83.75
6	82	88	83.25	87.75
56 IRC	84	90	85.25	89.75

FM				
Channel	Band Width	Carriers Video	Carriers Audio	
57.1 A-5	90	96	91.25	95.75
58.1 A-4	96	102	97.25	101.75
59.1 A-3	102	108	103.25	107.75
96 A-2	108	114	109.25	113.75
99 A-1	114	120	115.25	119.75

Mid-Band				
CH	Band Width	Carriers Video	Carriers Audio	
14 A	120	126	121.25	125.75
15 B	126	132	127.25	131.75
16 C	132	138	133.25	137.75
17 D	138	144	139.25	143.75
18 E	144	150	145.25	149.75
19 F	150	156	151.25	155.75
20 G	156	162	157.25	161.75
21 H	162	168	163.25	167.75
22 I	168	174	169.25	173.75

Hi Band				
CH	Band Width	Carriers Video	Carriers Audio	
7	174	180	175.25	179.75
8	180	186	181.25	185.75
9	186	192	187.25	191.75
10	192	198	193.25	197.75
11	198	204	199.25	205.75
12	204	210	205.25	209.75
13	210	216	211.25	215.75

Super-Band				
CH	Band Width	Carriers Video	Carriers Audio	
23 J	216	222	217.25	221.75
24 K	222	228	223.25	227.75
25 L	228	234	229.25	233.75
26 M	234	240	235.25	239.75
27 N	240	246	241.25	245.75
28 O	246	252	247.25	251.75
29 P	252	258	253.25	257.75
30 Q	258	264	259.25	263.75
31 R	264	270	265.25	269.75
32 S	270	276	271.25	275.75
33 T	276	282	277.25	281.75
34 U	282	288	283.25	287.75
35 V	288	294	289.25	293.75
36 W	294	300	295.25	299.75

Hyper-Band				
CH	Band Width	Carriers Video	Carriers Audio	
37 AA	300	306	301.25	305.75
38 BB	306	312	307.25	311.75
39 CC	312	318	313.25	317.75
40 DD	318	324	319.25	323.75
41 EE	324	330	325.25	329.75
42 FF	330	336	331.25	335.75
43 GG	336	342	337.25	341.75
44 HH	342	348	343.25	347.75
45 II	348	354	349.25	353.75
46 JJ	354	360	355.25	359.75
47 KK	360	366	361.25	365.75
48 LL	366	372	367.25	371.75
49 MM	372	378	373.25	377.75
50 NN	378	384	379.25	383.75
51 OO	384	390	385.25	389.75
52 PP	390	396	391.25	395.75
53 QQ	396	402	397.25	401.75
54 RR	402	408	403.25	407.75
55 SS	408	414	409.25	413.75
56 TT	414	420	415.25	419.75
57 UU	420	426	421.25	425.75
58 VV	426	432	427.25	431.75
59 WW	432	438	433.25	437.75
60 XX	438	444	439.25	443.75
61 YY	444	450	445.25	449.75
62 ZZ	450	456	451.25	455.75

UHF Band				
CH	Band Width	Carriers Video	Carriers Audio	
14	470	476	471.25	475.75
15	476	482	477.25	481.75
16	482	488	483.25	487.75
17	488	494	489.25	493.75
18	494	500	495.25	499.75
19	500	506	501.25	505.75
20	506	512	507.25	511.75
21	512	518	513.25	517.75
22	518	524	519.25	523.75
23	524	530	525.25	529.75
24	530	536	531.25	535.75
25	536	542	537.25	541.75
26	542	548	543.25	547.75
27	548	554	549.25	553.75
28	554	560	555.25	559.75
29	560	566	561.25	565.75
30	566	572	567.25	571.75
31	572	578	573.25	577.75
32	578	584	579.25	583.75
33	584	590	585.25	589.75
34	590	596	591.25	595.75

Channels requiring FCC Docket 21006 Offsets are shown with a positive offset.

IMAGEN 64: Distribución de frecuencias del estándar NTSC.

Fuente: <http://www.geo-orbit.org/sizepgs/ntscp.html#anchor140633>



## ANEXO 2: EQUIPOS EMPLEADOS EN LA EMPRESA MULTICABLE S.A

### ANEXO 2.1: INVENTARIO DE EQUIPOS EN MULTICABLE S.A

**TABLA 59:** Resumen de equipos utilizados en la recepción y preparación de señales

CANT	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
1	ANTENA YAGI MIXTAS VHF/UHF marca: ANTENNACRAFT modelo CCS 1843  dimensiones: 1.8x0.75 m	Recepción de señales terrestres analógicas de canales nacionales: RTS, GamaTV, ECTV y TC televisión.
1	ANTENA YAGI MIXTAS VHF/UHF marca: ANTENNACRAFT modelo CCS C490  dimensiones: 1.65x0.55 m.	Recepción de señales terrestres analógicas de Canales nacionales: Ecuavisa, canal uno, teleamazonas y RTU  Canal regional: TVN.
1	PLATO PARABÓLICO  Marca: fabricación nacional.  Diámetro 4 m.	Recepción satelital  Satélite vinculado: PAS 3  Canales: Boomerang, TNT, Discovery Kinds, Discovery chanel, Telenovelas, CNN español, TCM, Canal de las estrellas, Ritmoson latino, De película, Animal planet y Cartoon Networks
1	PLATO PARABÓLICO  Marca: fabricación nacional.  Diámetro 4 m.	Satélite vinculado: INTELSAT 5  Canales:  Fox sport y Fox sport 2
1	PLATO PARABÓLICO  Marca: fabricación nacional.  Diámetro 4 m.	Satélite vinculado: INTELSAT 806  Canales: ESPN+, Teleantioquia, ESPN, National Geographic, Fox life, Tele sur, Fx, Fox channel y Televen
1	PLATO PARABÓLICO  Marca: fabricación nacional.  Diámetro 5 m.	Satélite vinculado: SAT MEX 5  Canales: Movie world

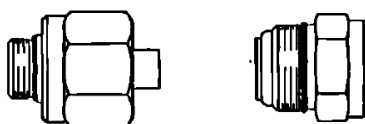
1	PLATO PARABÓLICO Marca: fabricación nacional. Diámetro 4 m.	Satélite vinculado: PAS INTELSAT 9 Canales: claro Sports, ewtn, cine latino, infinito, enlace, antena 3, multi premier
1	PLATO PARABÓLICO Marca: fabricación nacional. Diámetro 3 m.	Satélite vinculado: PAS INTELSAT 9 Canales: Space
6	AMPLIFICADORES LNB Marca: PC-9500W Salidas: 2 tipo F hembra	Adecuación de señales satelitales de banda C con mínima inserción de ruido.
17	DECODIFICADORES SATELITALES Marca: cisco 9865	Desencriptación de señales satelitales por cada canal de televisión internacional.
15	DECODIFICADORES SATELITALES Marca: scientific atlanta 9835 powerVu	Desencriptación de señales satelitales por cada canal de televisión internacional.
2	SPLITTERS 1 A 4 VÍAS Marca: Quest	División de señales de antenas de aire.
3	SWITCH COAXIAL Salidas: 8 tipo F hembra Marca: Claupep	División de señales de antenas satelitales con mínimas pérdidas (0.01 dB) por cada salida.
9	DEMODULADORES ÁGILES Marca: PICO/Macom PFAD-900cs	Demodulación de señales terrestres VSB a frecuencias intermedias (41-47 MHz).
41	MODULADORES Marca: PICO/Macom PCM-55	Modulación de señales de banda base a señal VSB y asignación de señales a cada canal.
4	COMBINADORES PASIVOS Marca: PICO/Macom PHC-12U	Unión de señales provenientes de los moduladores y creación de una única señal RF combinada de hasta 12 canales por cada combinador.
5	Bastidores de 19 pulgadas	Ubicación y organización de equipos de la cabecera de red.
1	TV Panasonic a color 14 pulgadas.	Monitoreo del estado de la red
1	Amplificador 750 Marca: General Instruments	Amplificación de señales combinadas

**Fuente:** elaboración propia a partir de inventario a 14 /09/2013 de cuarto de equipos de MULTICABLE S.A.

## ANEXO 2.3: REFERENCIA DE PASIVOS DESPLEGADOS EN LA RED

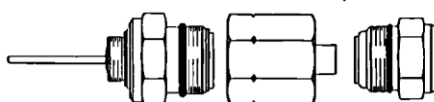
### CONECTORES Y ADAPTADORES PARA CABLE TRONCAL Y DE DISTRIBUCIÓN

Feed Thru (VSF): Solo coge la salida del conductor central hasta retenerlo dentro de su compartimiento, está formado por dos bloques, un cuerpo con un mandril integrado donde se sujeta al conductor central y una parte posterior que mantiene el conductor externo (lado izq. y derecho respectivamente de la imagen 65).



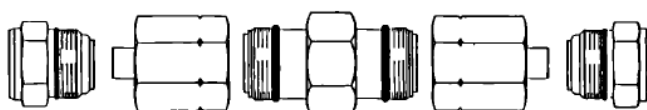
**IMAGEN 65:** Conector VSF

Tipo pin (STRINGER): es bastante similar al conector VSF, difiere en que el cuerpo dispone de una extensión o pin de bronce que sujeta al conductor central, se muestra a continuación.



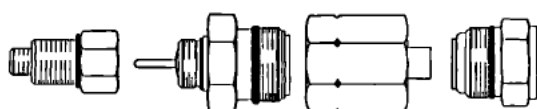
**IMAGEN 66:** Conector stringer

Unión (splice): es una estructura que permite dar continuidad en la terminación de un cable hacia otra longitud de cable del mismo tipo. Es un conjunto que está formado por tres secciones (2 laterales y un central), las fracciones laterales se asemejan a los conectores tipo PIN que entran en contacto con una unión central.



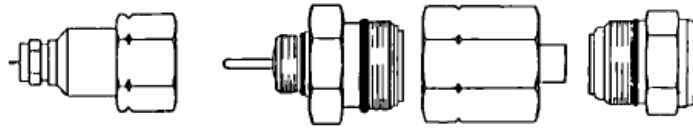
**IMAGEN 67:** Conector Unión

Tipo "F" hembra: es un conector que se emplea para la continuación de un tramo de cable con diferentes dimensiones, este conector tiene forma idéntica al del tipo pin y splice.



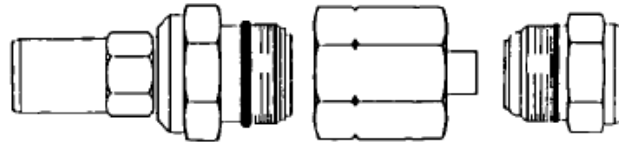
**IMAGEN 68:** Conector tipo F hembra.

Tipo "F" macho: tiene la misma forma que los conectores tipo F hembra, difiere del adaptador macho para transición de cable a una de menor diámetro.



**IMAGEN 69:** Conector tipo F macho

Terminador (terminator): también llamado carga, es un conductor terminal que se la ubica al final de un tramo coaxial que ya no se pretende continuar, es importante su uso para proteger y evitar interferencias externas en la terminación de una red de 75 ohms.



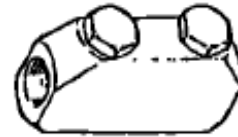
**IMAGEN 70:** Conector terminador

**Male Splice Adapter  
Non-Rotational  
GILBERT/LRC**



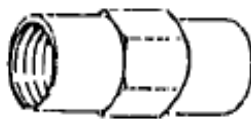
Housing to housing coupling connector, eliminates the need for coaxial jumpers and permits cascading of taps, etc.

**Adapter - Splice Block  
GILBERT/LRC**



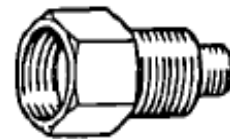
Universal splice for two connectors-allows for in-line and right angle splicing.

**Female Splice Adapter  
GILBERT**



Used to splice two chassis connectors. Enables splicing of any type cable to any other with minimum losses.

**Adapter - Chassis Mounting Connector  
to "F" Series Female  
GILBERT**



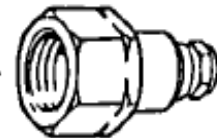
Converts Pin Type Connector to "F" Series Female.

**Splice - In Line or Right Angle Adapter  
GILBERT**



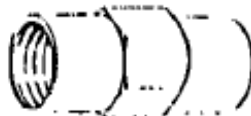
Splices different diameters of coaxial cables with chassis connections. Can be used in right angle turn for pedestal type installations where space is restricted.

**Adapter - Chassis Mounting Connector  
to "F" Series Male  
GILBERT**



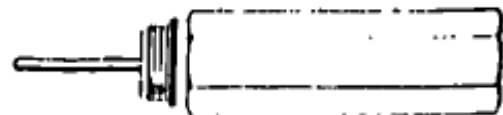
Converts Pin Type Connector to "F" Series Male.

**Female Splice Adapter  
GILBERT**



Used to splice two chassis connectors. Enables splicing of any type cable to any other with minimum losses.

**Extension Adapter - Connector to  
Equipment  
GILBERT**



Adapter provides extended length when sufficient cable is not available for installation. Can be installed with any pin type connector or .412 and .500 feed thru type connector.

**IMAGEN 71: Adaptadores troncales**

**Fuente:** Tanto la información como las imágenes se recuperó de

<http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080072415/>

## ANEXO 3: TABLAS DE ATENUACIONES PASIVOS RED MULTICABLE S.A

### ANEXO 3.1: REFERENCIA DE ATENUACIONES SEGÚN TIPO DE CABLE COAXIAL

**TYPICAL CABLE ATTENUATION CHART IN dB/100 FEET @ 68 °F (20 °C)**

Frequency (MHz)	Drop Cable				SemiFlex Cable									
	RG59	RG6	RG7	RG11	412	500	625	750	875	1000	565	700	840	1160
5	0.77	0.57	0.56	0.36	0.20	0.16	0.13	0.11	0.09	0.08	0.14	0.11	0.09	0.07
55	1.88	1.50	1.22	0.95	0.68	0.55	0.45	0.37	0.32	0.29	0.47	0.37	0.32	0.24
211	3.59	2.87	2.29	1.81	1.35	1.08	0.89	0.73	0.64	0.58	0.93	0.74	0.64	0.48
250	3.89	3.12	2.49	1.98	1.49	1.19	0.98	0.81	0.70	0.64	1.03	0.82	0.70	0.53
270	4.05	3.24	2.59	2.06	1.55	1.24	1.02	0.84	0.73	0.67	1.07	0.85	0.73	0.56
300	4.27	3.43	2.74	2.17	1.64	1.31	1.08	0.89	0.78	0.72	1.13	0.90	0.77	0.59
330	4.50	3.61	2.89	2.29	1.73	1.38	1.14	0.94	0.82	0.76	1.19	0.95	0.82	0.63
350	4.64	3.72	2.98	2.36	1.78	1.43	1.18	0.97	0.84	0.78	1.23	0.98	0.84	0.65
400	4.88	4.00	3.20	2.53	1.91	1.53	1.27	1.05	0.91	0.84	1.32	1.05	0.91	0.70
450	5.30	4.28	3.41	2.69	2.03	1.63	1.35	1.12	0.97	0.90	1.40	1.12	0.97	0.75
500	5.50	4.51	3.61	2.85	2.15	1.73	1.43	1.18	1.03	0.96	1.49	1.19	1.03	0.80
550	5.90	4.76	3.80	3.01	2.26	1.82	1.51	1.25	1.09	1.01	1.56	1.25	1.09	0.84
600	6.18	4.98	3.99	3.16	2.37	1.91	1.58	1.31	1.14	1.06	1.64	1.31	1.14	0.89
750	6.96	5.62	4.50	3.58	2.68	2.16	1.79	1.48	1.29	1.21	1.85	1.49	1.30	1.01
870	7.54	6.09	4.87	3.90	2.90	2.35	1.95	1.61	1.41	1.33	2.01	1.62	1.41	1.11
950	7.90	6.39	5.11	4.10	3.03	2.49	2.04	1.72	1.50	1.35	2.15	1.75	1.51	1.15
1000	8.09	6.54	5.25	4.23	3.13	2.53	2.11	1.74	1.53	1.44	2.17	1.75	1.53	1.20
1200	8.91	7.18	5.77	4.71	3.44	2.83	2.32	1.96	1.72	1.55	2.45	2.00	1.72	1.33
1450	9.82	7.89	6.34	5.29	3.81	3.12	2.61	2.16	1.90	1.81	2.66	2.13	1.90	1.52
1750	10.92	8.74	6.93	5.95	4.23	3.47	2.92	2.41	2.13	2.03	2.96	2.36	2.13	1.71
1850	11.23	8.99	7.13	6.12	4.36	3.60	2.97	2.52	2.22	2.07	3.13	2.57	2.23	1.74
2000	11.67	9.34	7.41	6.36	4.55	3.76	3.12	2.64	2.32	2.11	3.27	2.69	2.33	1.82
2150	12.10	9.69	7.68	6.60	4.74	3.92	3.24	2.75	2.43	2.21	3.41	2.81	2.44	1.91
Loop Resist	59.9	39.6	26.8	19.5	2.5	1.7	1.1	0.8	0.4	1.3	0.9	0.9	0.6	0.3

**IMAGEN 72:** Atenuaciones típicas del Cable Coaxial según el calibre y frecuencia de operación.

Recuperado de: [www.rnds.com.ar/articulos/038/RNDS\\_116W.pdf](http://www.rnds.com.ar/articulos/038/RNDS_116W.pdf)

**NOTA:** los valores están definidos en dB por cada 100 pies, para convertir a metros hay que dividir el valor escogido de la tabla para 0.3 y el resultado será de dB/100 metros.

## ANEXO 3.2: REFERENCIA DE ATENUACIONES SEGÚN TIPO DE DIVISORES

### ATENUACIÓN DE LOS DIVISORES TRONCALES PASIVOS



**TABLA 60:** Características de Operación de un Splitter de 2 salidas.

FRECUENCIA (MHz)	PERDIDA DE INSERCIÓN (dB)	AISLAMIENTO TAP-TAP (dB)	PERDIDA RETORNO (dB)	MODULACIÓN DE RUIDO (dB)
5-50	2.7	22	16	60
51-300	3.0	25	18	60
301-400	3.0	25	20	60
401-500	3.0	23	20	60
501-600	3.3	23	18	60
601-900	3.5	20	17	60
901-1000	4.0	18	16	60

Fuente: elaboración propia

**TABLA 61:** Características de Operación de un Splitter de 3 salidas.

FREC. DE RESPUESTA (MHz)	PERDIDA DE INSERCIÓN (dB) puerto 2,3	PERDIDA DE INSERCIÓN (dB) puerto 4	AISLAMIE NTO TAP-TAP (dB)	PERDIDA DE RETORNO (dB)	MODULACIÓN DE RUIDO (dB)
5-50	2.7	2.8	22	16	60
51-300	3.4	3.0	25	18	60
301-400	3.5	3.0	25	20	60
401-500	3.5	3.0	23	20	60
501-600	4.4	3.3	23	18	60
601-900	6.8	3.5	20	17	60
901-1000	7.2	4.4	18	16	60

Fuente: elaboración propia

## ANEXO 4: RESULTADO CÁLCULO NIVELES DE SEÑAL DE LA RED ACTUAL MULTICABLE S.A

### ANEXO 4.1: ATENUACIONES DE LOS TRAMOS TRONCALES

**TABLA 62:** Atenuación de las líneas troncales R500 por cada frecuencia de operación.

Nro.	TRAYECTO	LONG. (m)	5 MHZ	55 MHz	350 MHz	750 MHz	A. Divisor*	A. Total 5 MHz	A. Total55MHz	A. Total350MHz	A. Total 750MHz
1	MB 00-MB 01	350	1,86	6,41	16,70	25,20	0	1,86	6,41	16,70	25,20
2	MB 01-MB 02	370	1,96	6,77	17,65	26,64	0	1,96	6,77	17,65	26,64
3	MB 02-MB 03	365	1,93	6,68	17,41	26,28	3	4,93	9,68	20,41	29,28
4	MB 03-MB 04	410	2,17	7,50	19,56	29,52	0	2,17	7,50	19,56	29,52
5	MB 02-MB 05	420	2,23	7,69	20,03	30,24	6	8,23	13,69	26,03	36,24
6	MB 02-MB 07	370	1,96	6,77	17,65	26,64	6	7,96	12,77	23,65	32,64
7	MB 02-MB 10	420	2,23	7,69	20,03	30,24	6	8,23	13,69	26,03	36,24
8	MB 05-MB 06	260	1,38	4,76	12,40	18,72	0	1,38	4,76	12,40	18,72
9	MB 10-MB 11	516	2,73	9,44	24,61	37,15	0	2,73	9,44	24,61	37,15
10	MB 11-MB 12	380	2,01	6,95	18,13	27,36	0	2,01	6,95	18,13	27,36
11	MB 07-LE 01	310	1,64	5,67	14,79	22,32	0	1,64	5,67	14,79	22,32
12	LE 01-MB 08	330	1,75	6,04	15,74	23,76	0	1,75	6,04	15,74	23,76



13	MB 08-MB 09	325	1,72	5,95	15,50	23,40	0	1,72	5,95	15,50	23,40
14	MB 00-MB 13	420	2,23	7,69	20,03	30,24	0	2,23	7,69	20,03	30,24
15	MB 13-MB 14	390	2,07	7,14	18,60	28,08	0	2,07	7,14	18,60	28,08
16	MB 14-MB 15	360	1,91	6,59	17,17	25,92	0	1,91	6,59	17,17	25,92
17	MB 15-LE 02	420	2,23	7,69	20,03	30,24	3	5,23	10,69	23,03	33,24
18	LE 02-LE 03	400	2,12	7,32	19,08	28,80	0	2,12	7,32	19,08	28,80
19	LE 03-MB 16	510	2,70	9,33	24,33	36,72	3	5,70	12,33	27,33	39,72
20	MB 15-LE 04	280	1,48	5,12	13,36	20,16	0	1,48	5,12	13,36	20,16
21	LE 04-MB 17	310	1,64	5,67	14,79	22,32	3	4,64	8,67	17,79	25,32
22	MB 14-MB 18	490	2,60	8,97	23,37	35,28	3	5,60	11,97	26,37	38,28
23	MB 18-MB 19	300	1,59	5,49	14,31	21,60	3	4,59	8,49	17,31	24,60
23	MB 18-MB 20	525	2,78	9,61	25,04	37,80	0	2,78	9,61	25,04	37,80
24	MB 20-MB 21	490	2,60	8,97	23,37	35,28	0	2,60	8,97	23,37	35,28
25	MB 20-MB 22	500	2,65	9,15	23,85	36,00	0	2,65	9,15	23,85	36,00

Nota: \*Cada splitter troncal de 2 salidas atenúa 3 dB a la salida, por ende 6 dB equivale a usar 2 splitters.

**Fuente:** elaboración propia a partir de cálculos de atenuación del capítulo 1.

**TABLA 63:** Atenuación de las líneas de distribución RG11 por cada frecuencia de operación.

Nro.	TRAYECTO	LONG. (m)	5 MHz	55 MHz	350 MHz	750 MHz	TAP*	Divisor**	A. Total 5 MHz	A. Total 55MHz	A. Total 350MHz	A. Total 750MHz
1	MB01-PT01	40	0,48	1,268	3,148	4,772	1	3	4,48	5,268	7,148	8,772
2	MB01-LE07	180	2,16	5,706	14,166	21,474	3	3	8,16	11,706	20,166	27,474
3	LE07-PT04	120	1,44	3,804	9,444	14,316	3	0	4,44	6,804	12,444	17,316
4	MB01-PT02	100	1,2	3,17	7,87	11,93	2	3	6,2	8,17	12,87	16,93
5	DT01-PT03	100	1,2	3,17	7,87	11,93	3	0	4,2	6,17	10,87	14,93
6	DT01-PT05	30	0,36	0,951	2,361	3,579	1	0	1,36	1,951	3,361	4,579
7	MB03-PT08	150	1,8	4,755	11,805	17,895	3	3	7,8	10,755	17,805	23,895
8	MB03-PT09	170	2,04	5,389	13,379	20,281	4	3	9,04	12,389	20,379	27,281
9	MB03-PT10	110	1,32	3,487	8,657	13,123	2	3	6,32	8,487	13,657	18,123
10	MB04-PT11	100	1,2	3,17	7,87	11,93	3	0	4,2	6,17	10,87	14,93
11	MB04-PT12	200	2,4	6,34	15,74	23,86	4	0	6,4	10,34	19,74	27,86
12	MB02-LE05	260	3,12	8,242	20,462	31,018	3	0	6,12	11,242	23,462	34,018
13	LE05-PT06	350	4,2	11,095	27,545	41,755	5	0	9,2	16,095	32,545	46,755
14	DT02-PT13	80	0,96	2,536	6,296	9,544	2	0	2,96	4,536	8,296	11,544
15	DT02-LE06	140	1,68	4,438	11,018	16,702	3	0	4,68	7,438	14,018	19,702

16	LE06-PT14	300	3,6	9,51	23,61	35,79	7	0	10,6	16,51	30,61	42,79
17	MB10-PT23	80	0,96	2,536	6,296	9,544	2	0	2,96	4,536	8,296	11,544
18	MB11-PT15	60	0,72	1,902	4,722	7,158	2	3	5,72	6,902	9,722	12,158
19	MB11-PT16	180	2,16	5,706	14,166	21,474	5	3	10,16	13,706	22,166	29,474
20	MB11-PT28	340	1,802	6,222	16,218	24,48	2	3	6,802	11,222	21,218	29,48
21	MB11-PT29	350	1,855	6,405	16,695	25,2	2	3	6,855	11,405	21,695	30,2
22	MB12-PT24	290	3,48	9,193	22,823	34,597	4	0	7,48	13,193	26,823	38,597
23	MB12-PT25	300	3,6	9,51	23,61	35,79	4	0	7,6	13,51	27,61	39,79
23	MB12-PT26	150	1,8	4,755	11,805	17,895	3	3	7,8	10,755	17,805	23,895
24	MB12-PT27	100	1,2	3,17	7,87	11,93	1	3	5,2	7,17	11,87	15,93
25	MB01-PT01	40	0,48	1,268	3,148	4,772	1	3	4,48	5,268	7,148	8,772
26	MB07-PT21	280	3,36	8,876	22,036	33,404	3	0	6,36	11,876	25,036	36,404
27	MB07-PT22	180	2,16	5,706	14,166	21,474	3	0	5,16	8,706	17,166	24,474
28	MB08-PT30	80	0,96	2,536	6,296	9,544	2	0	2,96	4,536	8,296	11,544
29	MB09-PT31	80	0,96	2,536	6,296	9,544	2	0	2,96	4,536	8,296	11,544
30	MB09-PT32	170	2,04	5,389	13,379	20,281	4	0	6,04	9,389	17,379	24,281
31	MB05-PT18	200	2,4	6,34	15,74	23,86	4	0	6,40	10,34	19,74	27,86

32	MB06-PT19	150	1,8	4,755	11,805	17,895	3	0	4,80	7,755	14,805	20,895
33	MB06-PT20	100	1,2	3,17	7,87	11,93	2	0	3,20	5,17	9,87	13,93
34	MB13-PT33	200	2,4	6,34	15,74	23,86	2	3	7,40	11,34	20,74	28,86
35	MB13-PT34	185	2,22	5,8645	14,559	22,0705	2	3	7,22	10,8645	19,5595	27,0705
36	MB13-LE08	210	2,52	6,657	16,527	25,053	2	0	4,52	8,657	18,527	27,053
37	LE08-PT35	200	2,4	6,34	15,74	23,86	3	0	5,40	9,34	18,74	26,86
38	MB14-PT36	300	3,6	9,51	23,61	35,79	5	0	8,60	14,51	28,61	40,79
39	MB15-PT37	100	1,2	3,17	7,87	11,93	2	0	3,20	5,17	9,87	13,93
40	MB15-PT38	120	1,44	3,804	9,444	14,316	4	3	8,44	10,804	16,444	21,316
41	MB15-PT39	120	1,44	3,804	9,444	14,316	3	3	7,44	9,804	15,444	20,316
42	MB15-LE09	300	3,6	9,51	23,61	35,79	0	3	6,60	12,51	26,61	38,79
43	LE09-PT40	50	0,6	1,585	3,935	5,965	1	3	4,60	5,585	7,935	9,965
44	LE09-PT41	40	0,48	1,268	3,148	4,772	1	3	4,48	5,268	7,148	8,772
45	LE09-PT42	40	0,48	1,268	3,148	4,772	1	3	4,48	5,268	7,148	8,772
46	LE02-PT43	80	0,96	2,536	6,296	9,544	1	6	7,96	9,536	13,296	16,544

47	LE02-PT44	90	1,08	2,853	7,083	10,737	2	9	12,08	13,853	18,083	21,737
48	LE02-PT45	80	0,96	2,536	6,296	9,544	2	12	14,96	16,536	20,296	23,544
49	LE02-PT46	100	1,2	3,17	7,87	11,93	2	12	15,20	17,17	21,87	25,93
50	LE02-PT47	50	0,6	1,585	3,935	5,965	1	3	4,60	5,585	7,935	9,965
51	DT06-PT53	45	0,54	1,4265	3,5415	5,3685	1	3	4,54	5,4265	7,5415	9,3685
52	MB16-PT49	60	0,72	1,902	4,722	7,158	2	0	2,72	3,902	6,722	9,158
53	MB16-PT50	50	0,6	1,585	3,935	5,965	1	0	1,60	2,585	4,935	6,965
54	MB16-PT51	80	0,96	2,536	6,296	9,544	2	3	5,96	7,536	11,296	14,544
55	MB16-PT52	50	0,6	1,585	3,935	5,965	1	3	4,60	5,585	7,935	9,965
56	DT07-PT54	85	1,02	2,6945	6,6895	10,1405	2	0	3,02	4,6945	8,6895	12,1405
57	MB17-PT55	80	0,96	2,536	6,296	9,544	2	3	5,96	7,536	11,296	14,544
58	MB17-PT56	280	3,36	8,876	22,036	33,404	5	3	11,36	16,876	30,036	41,404
59	MB17-PT57	250	3	7,925	19,675	29,825	5	0	8,00	12,925	24,675	34,825
60	MB17-PT58	80	0,96	2,536	6,296	9,544	1	3	4,96	6,536	10,296	13,544
61	MB17-PT59	100	1,2	3,17	7,87	11,93	2	3	6,20	8,17	12,87	16,93
62	DT08-PT60	50	0,6	1,585	3,935	5,965	1	3	4,60	5,585	7,935	9,965
63	DT08-PT61	45	0,54	1,4265	3,5415	5,3685	1	3	4,54	5,4265	7,5415	9,3685

64	DT09-PT62	60	0,72	1,902	4,722	7,158	1	0	1,72	2,902	5,722	8,158
65	DT09-PT63	20	0,24	0,634	1,574	2,386	1	0	1,24	1,634	2,574	3,386
66	MB19-PT64	60	0,72	1,902	4,722	7,158	1	3	4,72	5,902	8,722	11,158
67	MB19-PT65	60	0,72	1,902	4,722	7,158	1	3	4,72	5,902	8,722	11,158
68	MB19-PT66	50	0,6	1,585	3,935	5,965	1	3	4,60	5,585	7,935	9,965
69	MB19-PT67	100	1,2	3,17	7,87	11,93	2	3	6,20	8,17	12,87	16,93
70	MB19-LE10	120	1,44	3,804	9,444	14,316	0	3	4,44	6,804	12,444	17,316
71	LE10-PT68	50	0,6	1,585	3,935	5,965	1	3	4,60	5,585	7,935	9,965
72	LE10-PT69	55	0,66	1,7435	4,3285	6,5615	1	3	4,66	5,7435	8,3285	10,5615
73	LE10-PT70	80	0,96	2,536	6,296	9,544	1	3	4,96	6,536	10,296	13,544
74	LE10-PT71	140	1,68	4,438	11,018	16,702	2	3	6,68	9,438	16,018	21,702
75	LE10-PT72	130	1,56	4,121	10,231	15,509	2	3	6,56	9,121	15,231	20,509
76	LE10-LE11	270	3,24	8,559	21,249	32,211	2	6	11,24	16,559	29,249	40,211
77	LE11-PT73	290	3,48	9,193	22,823	34,597	2	0	5,48	11,193	24,823	36,597

78	MB19-PT74	210	2,52	6,657	16,527	25,053	2	0	4,52	8,657	18,527	27,053
79	MB18-PT75	340	4,08	10,778	26,758	40,562	1	3	8,08	14,778	30,758	44,562
80	MB18-PT76	130	1,56	4,121	10,231	15,509	1	3	5,56	8,121	14,231	19,509
81	MB21-PT77	100	1,2	3,17	7,87	11,93	1	0	2,20	4,17	8,87	12,93
82	MB21-PT78	40	0,48	1,268	3,148	4,772	1	0	1,48	2,268	4,148	5,772
83	MB21-PT79	45	0,54	1,4265	3,5415	5,3685	1	0	1,54	2,4265	4,5415	6,3685
84	MB22-PT80	40	0,48	1,268	3,148	4,772	1	3	4,48	5,268	7,148	8,772
85	MB22-PT81	40	0,48	1,268	3,148	4,772	1	3	4,48	5,268	7,148	8,772
86	MB22-PT82	60	0,72	1,902	4,722	7,158	1	3	4,72	5,902	8,722	11,158
87	MB22-LE12	280	3,36	8,876	22,036	33,404	3	0	6,36	11,876	25,036	36,404
88	LE12-LE13	300	3,6	9,51	23,61	35,79	2	0	5,60	11,51	25,61	37,79
89	LE13-PT83	340	4,08	10,778	26,758	40,562	2	0	6,08	12,778	28,758	42,562

Nota: \*Cada TAP atenúa 1 dB a la salida, por ende 2 dB equivale a usar 2 TAPs.

\*\*Cada splitter troncal de 2 salidas atenúa 3 dB a la salida, por ende 6 dB equivale a usar 2 splitters.

**Fuente:** elaboración propia a partir de cálculos de atenuación del capítulo 1.

## ANEXO 4.2: NIVELES DE CALIDAD DE SEÑAL DE LOS TRAMOS TRONCALES

**TABLA 64:** Valores de niveles de entrada/salida, relación portadora/ruido (CNR), batido de segundo orden (CSO) y batido de tercer orden (CTB) por cada amplificador MINIBRIDGER (MB) y extensor de línea (LE).

Nro.	AMPLIFICADOR	IN a 55MHz (dBmV)*	OUT a 55MHz (dBmV)	IN a 350MHz (dBmV)	OUT a 350MHz (dBmV)	CNR (dB)	CSO (dB)	CTB (dB)
1	MB 00	12	37,03	12	44,01	55,71	61,99	62,98
2	MB 01	27,62	33,501	23,61	40,37	52,07	65,633	70,266
3	MB 02	26,73	39,4595	22,72	46,18	57,88	59,8215	58,643
4	MB 03	26,78	34,513	22,77	42,56	54,26	63,445	65,89
5	MB 04	27,01	34,45	23,00	48,78	60,48	57,218	53,436
6	MB 05	26,76	38,716	22,75	47,05	58,75	58,948	56,896
7	MB 06	25,03	37,771	21,02	44,64	56,34	61,363	61,726
8	MB 07	25,00	31,90	20,99	37,01	48,71	68,995	76,99
9	LE 01	26,23	32,659	22,22	38,35	60,55	67,651	74,302
10	MB 08	26,62	33,17	22,61	38,71	50,41	67,2895	73,579
11	MB 09	27,22	34,25	23,21	42,58	54,28	63,418	65,836
12	MB 10	26,56	34,1728	22,55	45,33	57,03	60,6688	60,338
13	MB 11	24,73	36,304	20,72	43,46	55,16	62,536	64,072




14	MB 12	29,35	31,233	25,34	36,34	48,04	69,665	78,33
15	MB 13	25,56	31,997	21,55	39,45	51,15	66,549	72,098
16	MB 14	24,86	32,718	20,85	39,29	50,99	66,71	72,42
17	MB 15	26,13	36,226	22,12	44,56	56,26	61,438	61,876
18	LE 02	25,54	36,166	21,53	35,42	57,62	70,58	80,16
19	LE 03	25,48	37,12	16,34	33,06	55,26	72,94	84,88
20	LE 04	25,03	33,84	21,02	38,94	61,14	67,0583	73,117
21	MB 16	24,79	39,01	20,78	49,40	61,10	56,597	52,195
22	MB 17	25,17	35,16	21,15	39,96	51,66	66,035	71,071
23	MB 18	27,04	36,28	23,03	41,09	52,79	64,9103	68,821
23	MB 19	26,67	37,77	22,65	42,34	54,04	63,66	66,32
24	MB 20	27,79	37,77	23,78	48,00	59,70	57,99	54,991
25	MB 21	28,17	35,26	24,15	44,06	55,76	61,94	62,88
26	MB 22	26,29	33,93	22,28	42,75	44,13	54,45	63,25

Nota: \* Valores de niveles de entrada y salida obtenidas de mediciones de puntos de red MULTICABLE S.A.

Con equipo analizador CATV PROMAX-10 SE 5 - 863 MHz.

**Fuente:** elaboración propia a partir de cálculos de CNR, CSO y CTB del capítulo 1.

## ANEXO 5: MODELO ENCUESTA APLICADA PARA ESTUDIO MERCADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE																
<p><b>RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL TRABAJO DE GRADO "DISEÑO DE LA RED HÍBRIDA COAXIAL-FIBRA ÓPTICA (HFC) PARA BRINDAR SERVICIO DE IPTV EN LA EMPRESA MULTICABLE S.A. DE LA CIUDAD DE OTAVALO" QUE PERMITA IDENTIFICAR EL PERFIL DE USUARIO DE LA POBLACIÓN OTAVALEÑA RESPECTO A LOS NUEVOS SERVICIOS DE TELEVISIÓN POR CABLE.</b></p>																
<p><b>Objetivo:</b> La presente encuesta tiene por finalidad determinar la demanda o el interés de la población otavaleña respecto a un nuevo servicio, denominado televisión interactiva que la empresa de televisión por cable MULTICABLE S.A. podría ofrecer a mediano plazo.</p>	<p><b>Recomendaciones:</b> -Sírvese responder las preguntas de forma sincera y precisa. -Marque con una X la respuesta que usted elija.</p>															
<p><b>INFORMACIÓN DEL ENCUESTADO:</b></p>																
<p><b>a. Sexo:</b> Masculino <input type="checkbox"/>      Femenino <input type="checkbox"/></p>	<p><b>d. Parroquia a la que pertenece su domicilio:</b></p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td style="width: 80%;">San Luis.....</td><td style="width: 20%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>El Jordán.....</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>San Pablo.....</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Eugenio Espejo.....</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>González Suárez.....</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Imbabura.....</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Miguel Egas.....</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> </table>		San Luis.....	<input type="checkbox"/>	El Jordán.....	<input type="checkbox"/>	San Pablo.....	<input type="checkbox"/>	Eugenio Espejo.....	<input type="checkbox"/>	González Suárez.....	<input type="checkbox"/>	Imbabura.....	<input type="checkbox"/>	Miguel Egas.....	<input type="checkbox"/>
San Luis.....	<input type="checkbox"/>															
El Jordán.....	<input type="checkbox"/>															
San Pablo.....	<input type="checkbox"/>															
Eugenio Espejo.....	<input type="checkbox"/>															
González Suárez.....	<input type="checkbox"/>															
Imbabura.....	<input type="checkbox"/>															
Miguel Egas.....	<input type="checkbox"/>															
<p><b>b. Edad:</b> Menor de 18 años... <input type="checkbox"/>      Entre 26 y 35 años <input type="checkbox"/> Entre 18 y 25 años... <input type="checkbox"/>      Más de 36 años..... <input type="checkbox"/></p>	<p><b>e. Fecha de la encuesta:</b>.....</p>															
<p><b>c. Ocupación:</b> Estudiante..... <input type="checkbox"/>      Empleado privado <input type="checkbox"/> Empleado público... <input type="checkbox"/>      Ama de casa..... <input type="checkbox"/> Otro:.....</p>	<p style="text-align: center;"><b>CUESTIONARIO:</b></p>															
<p>1. ¿Por qué medio recibe usted la señal de televisión en su lugar de residencia? Antena tradicional de terraza <input type="checkbox"/>      Antena satelital <input type="checkbox"/>      Conexión de Televisión por Cable <input type="checkbox"/> Otros.....</p>																
<p>2. ¿Es cliente de la empresa de televisión por cable MULTICABLE S.A.? Sí <input type="checkbox"/>      No <input type="checkbox"/> <i>Si la respuesta que ha elegido es Sí, favor contestar las siguientes preguntas, caso contrario prosiga con la pregunta Nro. 5</i></p>																
<p>3. ¿En general, considera usted que el servicio que brinda MULTICABLE S.A. es? Excelente <input type="checkbox"/>      Bueno <input type="checkbox"/>      Regular <input type="checkbox"/>      Malo <input type="checkbox"/></p>																
<p>4. ¿Si ocurre algún inconveniente con el servicio, la empresa le brinda solución en un lapso de tiempo de? Minutos <input type="checkbox"/>      Horas <input type="checkbox"/>      Días <input type="checkbox"/></p>																
<p>5. ¿Le gustaría disponer de un servicio de televisión donde pudiera grabar, pausar, retroceder los programas que usted estuviere disfrutando en ese momento? Sí <input type="checkbox"/>      No <input type="checkbox"/></p>																
<p>6. ¿Está interesado en disfrutar de películas de estreno, películas clasificadas, videos musicales, etc. sin importar el horario por un pago adicional a su proveedor de Televisión por Cable, sistema de "Contenido Premium"? Sí <input type="checkbox"/>      No <input type="checkbox"/></p>																
<p>7. ¿Le gustaría un servicio de televisión por cable donde usted pueda solicitar por un pago adicional y desde la comodidad de su hogar, programas en vivo de eventos deportivos, sociales y culturales de la localidad, sistema "Pago Por Ver" (Pay Per View, PPV)? Sí <input type="checkbox"/>      No <input type="checkbox"/></p>																
<p>8. ¿Qué servicios adicionales le interesaría recibir por la misma conexión de televisión por cable? Internet banda ancha sin dependencia de la línea telefónica..... <input type="checkbox"/> Telefonía más económica..... <input type="checkbox"/> Televisión a la carta, elección de planes de programación..... <input type="checkbox"/> Sistema de radio global..... <input type="checkbox"/></p>																

## **ANEXO 6: RECOMENDACIONES ITU PARA REDES ÓPTICAS**

Para la gestión, adquisición, implementación y mantenimiento de redes de fibra óptica se aplican, entre otras, las siguientes normas y recomendaciones:

Para la clasificación y características de las fibras ópticas.

- UIT-T G.650 Definición y métodos de prueba de los parámetros pertinentes de las fibras ópticas.
- UIT-T G.651 Características de un cable de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50-125  $\mu\text{m}$ .
- UIT-T G.652 Características de un cable de fibra óptica monomodo.
- UIT-T G.653 Características de los cables de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada.
- UIT-TG.654 Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado.
- UIT-TG.655 Características de los cables de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada no nula.
- UIT-T G.692 Interfaces ópticas para sistemas multicanales con amplificadores ópticos (WDM).

Para la protección de los cables de fibra óptica.

UIT-T K.25 Protección de los cables de fibra óptica

Para la realización de empalmes y conectorización en las fibras ópticas.

- UIT-T L.12 Empalmes de fibra óptica.
- UIT-T L.13 Empalmes de cubiertas y organizadores de cable de fibra óptica en planta exterior.
- UIT-T L.36 Conectores de fibra óptica monomodo.

Para la implementación (tendido) de las redes de fibra óptica.

- UIT-T L.10 Cables de fibra óptica para aplicaciones en ductos, galerías y en tendidos aéreos y enterrados.

- UIT-T L.15 Redes de distribución local de fibra óptica. Factores que han de considerarse para su construcción.
- UIT-T L.26 Cables de fibra óptica para aplicaciones aéreas.
- UIT-T L.34 Instalación de cables de fibra óptica de hilo de guarda.
- UIT-T L.35 Instalación de cables de fibra óptica en la red de acceso.

Para el mantenimiento de las redes de fibra óptica.

UIT-T L.25 Mantenimiento de las redes de fibra óptica

Para realizar diferentes pruebas sobre la fibra óptica.

UIT-T L.14 Método de medidas para determinar la resistencia mecánica a la tracción en los cables de fibra óptica sometidos a cargas mecánicas

Para las interfaces ópticas.

UIT-T G.957 Interfaces ópticas para equipos y sistemas basados en la jerarquía digital síncrona.

Para identificar cada fibra y grupo de fibras ópticas.

EIA/TIA-598-A Código de colores en las fibras ópticas

Fibra												
Tubo												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144

**IMAGEN 73:** Código de colores según estándares TIA-598-A para fibra Óptica.

## **ANEXO 7: PLANOS ARQUITECTÓNICOS**

ANEXO 7.1: Red Actual MULTICABLE S.A (PLANO 1/5).

ANEXO 7.2: Propuesta de diseño de red HFC para MULTICABLE S.A.

ANEXO 7.2.1: Propuesta de diseño de red HFC para sector Otavalo (PLANO 2/5).

ANEXO 7.2.2: Propuesta de diseño de red HFC para sector San Pablo (PLANO 3/5).

ANEXO 7.2.3: Propuesta de diseño de red HFC para sector González Suárez (PLANO 4/5).

ANEXO 7.2.4: Propuesta de diseño de red HFC para sector Ilumán (PLANO 5/5).

**ANEXO 8: NORMA TÉCNICA PARA DIGITALIZACIÓN DE REDES DE TELEVISIÓN POR CABLE SEGÚN ARCOTEL (VER CD ADJUNTO)**

**ANEXO 9: FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS PARA SISTEMA IPTV Y RED HFC SEGÚN DISEÑO (VER CD ADJUNTO)**