

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA



CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Electrónico

**“DISEÑO Y ANALISIS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE
INTERNET MEDIANTE EL SISTEMA EoC PARA LA EMPRESA DE
TELEVISION POR CABLE GUALACEO TV DEL CANTON GUALACEO”**

AUTOR

Franklin Manolo Niveló Balladares.

DIRECTOR

Ing. Jonathan Coronel G.

CUENCA – ECUADOR

2012

DECLARACIÓN

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de Franklin Manolo Niveló Balladares y autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana el uso de la misma para fines académicos.

Cuenca, Junio 20 del 2012

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Franklin Manolo Niveló Balladares'. The signature is stylized with a large loop at the top and a long horizontal stroke.

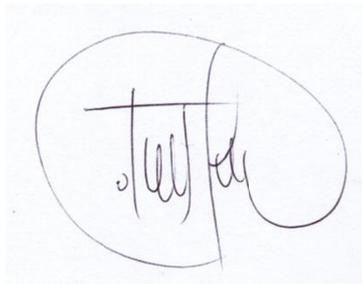
Franklin Manolo Niveló Balladares

Ing. Jonathan Coronel G.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICO

Que la presente tesis: **“DISEÑO Y ANALISIS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE INTERNET MEDIANTE EL SISTEMA EoC PARA LA EMPRESA DE TELEVISION POR CABLE GUALACEO TV DEL CANTON GUALACEO”** ha sido asesorada y revisada, de acuerdo a los lineamientos establecidos en el protocolo inicial y al cronograma definido, por lo que después de reunir los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, autorizo su presentación para los fines legales consiguientes.



Cuenca, Junio 2012

Ing. Jonathan Coronel G.

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado de una manera muy especial a mi esposa Jessenia quien desde siempre con su ejemplo de lucha y sobre todo mucho amor, ha sabido impulsarme hacia adelante en los momentos difíciles cuando más los necesite, en especial a mis hijos Jhair y Samanta.

A mis padres Javier y Maruja por su constante apoyo, esfuerzo y esmero me ha incentivado siempre hacia el camino del bien, a mi hermana Fabiola, a mi primo Jhinson quienes con cariño y apoyo estuvieron acompañándome en el transcurso de mi vivir.

A todas las personas que día a día me han brindado su apoyo para poder llegar a cumplir cada una de mis metas establecidas en mi vida, a mis amigos, solo les puedo dar las gracias de todo corazón por todo el apoyo prestado y que sepan que esto no se hubiera logrado sin cada uno de ellos.

Franklin Manolo Niveló Balladares

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por darme la salud, fuerza y sabiduría suficiente para poder seguir adelante logrando superar cualquier obstáculo y así alcanzar todas las metas.

De igual manera, el más sinceros agradecimientos al Ing. Jonathan Coronel Director de la tesis, al Ing. Armando Deleg Yanes, quienes desde el inicio hasta el final de este proyecto me supieron colaborar, apoyar, y guiar de acuerdo a sus conocimientos y más acertadas sugerencias que hicieron posible el desarrollo efectivo del mismo.

Un agradecimiento especial a la empresa Gualaceo TV, por permitir realizar el proyecto y brindar las facilidades requeridas para la realización del mismo, en especial a Señor: Merardo Guaranda quien supo brindar los datos necesarios para llevar a cabo una parte de este proyecto.

A ellos mis insondable reconocimiento, y el más alto sentimiento de gratitud y estima.

EL AUTOR

INDICE DE CONTENIDOS

Firma de responsabilidad.....	II
Certificados.....	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimiento.....	V
Introducción.....	1

CAPÍTULO I

ESTUDIO Y ANALISIS DE LAS REDES EPON Y HFC

1.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LAS REDES PON.....	2
1.1.1. Fibra Óptica en Redes de Acceso de Nueva Generación.....	2
1.1.1.1. Representación de las Arquitecturas de la Red de Acceso Óptico.....	3
1.1.2. Elementos y Aspectos Generales de las PON.....	6
1.1.2.1. Combinadores o Divisores Ópticos.....	6
1.1.2.2. Topologías PON.....	7
1.1.2.3. <i>Transceivers</i> en Modo Ráfaga.....	9
1.2. RED ÓPTICA PASIVA <i>ETHERNET</i> (EPON, <i>Ethernet Passive Optical Network</i>).....	10
1.2.1. <i>Ethernet</i> más PON.....	10
1.2.2. Desarrollo del Estándar IEEE 802.3ah.....	11
1.2.3. Arquitectura y Elementos de la EPON.....	12
1.2.3.1. Elementos Activos de Red.....	13
1.2.3.1.1. Terminal de Línea Óptico (OLT, <i>Optical Line Terminal</i>).....	13
1.2.3.1.2. Unidad de Red Óptica (ONU, <i>Optical Network Unit</i>).....	14
1.2.4. Principio de Funcionamiento.....	14
1.2.5. Formato de tramas.....	17
1.2.5.1. Trama MAC (<i>Ethernet</i>).....	17
1.2.5.2. <i>Formato de tramas EPON</i>	19

1.2.6. Establecimiento de la EPON Dentro de la Arquitectura IEEE 802.3.....	20
1.2.6.1. Las Subcapas P2MP.....	21
1.2.6.2.El Protocolo de Control de Acceso al Medio Multipunto (MPCP).....	21
1.2.6.3.La Subcapa de Reconciliación (RS) e Interfaces Independientes del Medio.....	22
1.2.6.4.El Sistemas de Señalización de Capa Física.....	22
1.2.6.5.Etapa de Administración.....	23
1.2.6.6.Transmisión Unidireccional.....	23
1.2.7. La Sub-Capa Dependiente del Medio Físico (PMD) EPON 1000BASEPX10 Y 1000BASE-PX20.....	24
1.2.7.1.Posicionamiento de la PMD Establecida en la Arquitectura IEEE 802.3.....	25
1.2.7.2.Interfaz de Servicio de la Subcapa Dependiente del Medio Físico (PMD).....	25
1.2.7.3.Especificaciones funcionales de la PMD.....	25
1.3. APLICACIÓN DE CONTROL MAC MULTIPUNTO.....	26
1.3.1.La Operación del Control MAC Multipunto.....	29
1.3.2.Los Fundamentos del control MAC multipunto.....	30
1.3.2.1. Los Procesos de Ranging y Timing.....	31
1.3.2.2. Control de Transmisión Multipunto, <i>Control Parser</i> y <i>Control Multiplexer</i>.....	33
1.3.2.3. El Protocolo de Control Multipunto (MPCP).....	34
1.3.2.3.1. Fundamentos del Protocolo de Control Multipunto.....	34
1.3.2.3.2. Consideraciones de Compatibilidad.....	35
1.4. OPERACION, ADMINISTRACIÓN Y MANTENIMINETO (OAM).....	36
1.5. VENTAJAS y DESVENTAJAS DE LAS REDES EPON.....	37
1.5.1.Rendimiento EPON.....	37
1.5.2.La Seguridad de EPON.....	38
1.5.3.La Amenaza de Escucha Indebida.....	38
1.5.4.El Robo de Servicios.....	39
1.5.5.Alternativa como Solución la Encriptación.....	39
1.5.5.1.Método de Encriptación.....	40
1.5.6. Calidad de Servicio.....	41
1.6. REDES HFC.....	42
1.6.1.Descripción de la Red HFC.....	42

1.6.2. Principios de Operación.....	42
1.6.3. Arquitectura.....	42
1.6.4. Elementos del Sistema de CATV y red HFC.....	43
1.6.4.1. HEADEND o Cabecera.....	43
1.6.4.2. Fibra Óptica.....	44
1.6.4.3. Cable Coaxial.....	44
1.6.4.4. Nodo Óptico.....	44
1.6.4.5. Amplificadores de Radio Frecuencia.....	44
1.6.4.6. Tap.....	45
1.6.4.7. Decodificador.....	45
1.6.4.8. Cable Módem.....	45
1.6.4.9. Red Troncal o de Transporte.....	45
1.6.4.10. Red de Distribución.....	46
1.6.4.11. Red de Acometida.....	46
1.6.4.12. Equipo Terminal.....	46
1.6.4.13. Equipos Relacionados con el Servicio de Distribución de Televisión.....	46
1.6.4.14. Módems de cable.....	46
1.7. Esquema para Brindar Servicio de Internet Mediante Cable Coaxial.....	47
1.7.1. Canales de Trasmisión.....	47
1.7.2. Canal de <i>upstream</i> o Canal de Retorno.....	47
1.7.3. Canal de <i>dowstream</i>.....	48
1.8. VENTAJAS y DESVENTAJAS de Las Redes HFC.....	48
1.8.1. Escalabilidad.....	48
1.8.2. Vulnerabilidades.....	49
1.8.3. Medidas de prevención.....	50

CAPÍTULO II

ESTUDIO y ANALISIS del SISTEMA EoC

2.1. INTRODUCCION.....	51
2.2. CONSIDERACIONES BASICAS.....	51
2.3. SISTEMA EoC.....	52
2.3.1. Estándares de EoC.....	54
2.3.2. Estructura del Sistema.....	56

2.3.3. Tecnología MoCA	58
2.3.4. Características de la capa PHY de MoCA	59
2.3.5. Características de la capa MAC de MoCA	60
2.4. Arquitectura del Sistema EPON + MoCA	60
2.5. Estándar HomePNA	62
2.5.1. Características de HomePNA	63
2.6. Estándar HomePlug AV	64
2.6.1. Características de HomePlug AV	64
2.7. SISTEMA EPON + EOC	65
2.7.1. Aplicación del Sistema EPON + EOC	67
2.8. Ventajas de PON + EoC	70
2.9. Desventajas de PON + EoC	71

CAPÍTULO III

ANALISIS TECNICO

3.1. INTRODUCCION	72
3.2. SERVICIO QUE SE ENCUENTRA BRINDANDO EN LA ACTUALIDAD	72
3.2.1. Clientes Actuales	72
3.2.2. Servicio que Desea Ofrecer a los Clientes	74
3.3. SISTEMA DE CATV y REDES HFC (Hybrid Fiber Coaxial)	75
3.3.1. Canales de Trasmisión	75
3.3.2. Cabecera (Head End)	76
3.3.2.1. Antenas para Recepción Satelital	77
3.3.2.2. Antenas para Recepción Terrestre	78
3.3.2.3. Receptores Satelitales	78
3.3.2.4. Demodulador	79
3.3.2.5. Codificador	80
3.3.2.6. Moduladores	80
3.3.2.7. Combinador	82
3.3.2.8. Transmisor Óptico	82
3.3.2.9. El sistema Eléctrico de Emergencia	83
3.3.3. Red Primaria	83

3.3.3.1.Nodo Óptico.....	84
3.3.4. Red de Distribución.....	85
3.3.4.1.Amplificadores de Radio Frecuencia.....	87
3.3.4.2.Toma (Tap).....	88
3.3.5.Red de Acometida.....	89
3.3.5.1. Divisores (Splitters).....	90
3.3.5.2. Filtros.....	90
3.4. ANALISIS TECNICO DE Gualaceo TV.....	90
3.4.1.Sectores que Brinda el Servicio de Televisión por Cable.....	90
3.4.2.Descripción de la Infraestructura de Gualaceo TV.....	92
3.4.2.1.Cabecera.....	92
3.4.2.2.Antenas para la Recepción Satelital.....	93
3.4.2.3.Antenas para la Recepción Terrestre.....	94
3.4.2.4.Decodificadores.....	94
3.4.2.5.Demodulador.....	95
3.4.2.6.Moduladores.....	95
3.4.2.7.Combinador.....	95
3.4.2.8.Amplificador de Cabecera.....	95
3.4.2.9.Trasmisor Óptico.....	96
3.4.2.10.Coupler óptico.....	96
3.4.2.11.ODF.....	96
3.4.2.12.Sistema de Refrigeración.....	97
3.4.2.13.Sistema Eléctrico.....	97
3.4.3.Red Troncal.....	97
3.4.3.1.Nodo Óptico.....	99
3.4.4.Red de Distribución.....	101
3.4.5.Red de Acometida.....	103
3.4.6.Lista de Equipos de Gualaceo TV.....	103
3.5. ANÁLISIS DEL SISTEMA PROPUESTO PARA Gualaceo TV.....	103
3.5.1.Modificación en el Diseño de la Red para la Trasmisión de Datos.....	103
3.5.1.1.Sistema Simétrico.....	104
3.5.1.2.Sistema Asimétrico.....	105
3.5.2.Dimensionamiento de la Red.....	106
3.5.3.Requerimiento de Equipos.....	110
3.5.4.Ubicación de los Equipos.....	111

3.5.5. Análisis de Pérdidas en la Red de Fibra.....	115
3.5.6. Descripción de Dispositivos a Implementarse en la Red de Distribución y Acometida.....	118
3.5.7. Equipo del Usuario.....	119
3.6. DISEÑO FINAL.....	120
3.6.1. Oficina Central.....	120
3.6.2. Diseño de red EPON + EoC.....	120
3.6.3. Red de acometida.....	124
3.7. LISTA DE EQUIPOS REQUERIDOS.....	124
3.8. VENTAJAS y DESVENTAJAS.....	124
3.8.1. Ventajas.....	124
3.8.2. Desventajas.....	125

CAPÍTULO IV

ANALISIS ECONOMICO

4.1. ESTUDIO DE MERCADO.....	126
4.1.1. Introducción.....	126
4.1.2. Planteo de Objetivos del Estudio.....	126
4.1.3. Fundamentos de un Estudio de Mercado.....	127
4.1.3.1. Determinación del Problema.....	127
4.1.3.2. Concepto de Producto.....	130
4.1.3.3. Definición del Área de Mercado.....	130
4.1.3.3.1. Análisis de la Oferta.....	130
4.1.3.3.2. Análisis de la Demanda.....	131
4.1.3.4. Segmentación del Mercado.....	134
4.1.3.4.1. Niveles de Segmentación.....	134
4.1.3.4.2. Formas de Segmentación.....	134
4.1.4. Determinación del Mercado Meta.....	136
4.1.5. Calculo del Mercado Meta Inicial del Servicio de Interne.....	136
4.1.5.1. Detalle de la Modalidad del Servicio a Brindar.....	136
4.1.5.2. Análisis Comportamiento del Mercado Potencial.....	137
4.1.5.3. Segmentación y Dimensionamiento del Mercado.....	139
4.2. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA.....	141

4.3.INGRESOS	142
4.4.COSTOS DE OPERACIÓN	143
4.4.1. Costos de Producción	143
4.4.1.1.Costos de Conexión	143
4.4.1.2.Costos de Mantenimiento de Oficinas	143
4.4.1.3.Costos de Mantenimiento y Operación de los Equipos y Centros de Administración de Gestión de Red	144
4.4.2. Costo de Ventas	144
4.4.2.1.Costos de Publicidad	144
4.4.2.2.Costos de Mercadeo	145
4.4.2.3.Costos de Transporte	145
4.4.2.4.Costos Totales de Ventas	145
4.4.3. Gastos Administrativos	145
4.4.3.1.Remuneración del Personal de Planta	145
4.4.3.2.Gastos de Servicios Básicos e Insumos de Oficina	146
4.4.3.3.Gastos Administrativos Totales	146
4.4.4. Costos Totales de Operación	147
4.5. ACTIVOS FIJOS	147
4.5.1. Costos de los Equipos	147
4.5.2. Costos de Muebles	147
4.5.3.Depreciación y Salvación de los Activos Fijos	148
4.6. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD FINANCIERA	149
4.6.1. Caso 1	149
4.6.1.1.Tabla de Flujo De Fondos	149
4.6.1.2.Indicadores de Rentabilidad	150
4.6.1.3.VAN (Valor Actual Neto)	150
4.6.1.4.TIR (Tasa Interna de Retorno)	151
4.6.2. Caso	152
4.6.2.1.Tabla de Flujo De Fondos	153
4.6.2.2.Indicadores de Rentabilidad	154
4.6.2.3.VAN (Valor Actual Neto)	154
4.6.2.4.TIR (Tasa Interna de Retorno)	155
4.7.MARCO REGULATORIO	155
4.7.1. Organismo Nacionales de Regulación y Control	156

4.7.2. Regulación para ISPs en el Ecuador.....	157
---	------------

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	158
5.2 Recomendaciones.....	160

REFERENCIAS

LIBROS.....	161
TESIS.....	162
FOLLETOS.....	163
PAGINAS INTERNET.....	163

ANEXOS

ANEXO 1.1
ANEXO 3.1
ANEXO 3.2
ANEXO 3.3
ANEXO 4.1

INTRODUCCION

La última década han sido testigo de cambios sorprendentes en aspectos como la tecnología, diseño, aplicaciones comerciales de las redes de acceso de banda ancha con lo cual se obtiene mayores velocidades y grandes distancias de transmisión de datos. Las principales características de esta evolución es el desarrollo de una variedad de nuevos esquemas en redes de alta velocidad basados en tecnologías de fibra óptica. El presente proyecto tiene como objetivo realizar un análisis y diseño del sistema EoC para brindar servicio de Internet a través de una red de acceso EPON para el cantón Gualaceo, a través de la red que posee la empresa de televisión por cable Gualaceo TV. La tecnología PON se encuentra en desarrollo en nuestro país, sin embargo gracias a sus múltiples beneficios tecnológicos permite la entrega de servicios de datos, televisión a través de la red de cable coaxial de cada uno de los usuarios de Gualaceo TV, esto tiene una importancia que resalta para la empresa, que se encuentra brindando el servicio de televisión por cable a sus suscriptores de forma individualizada. Para poder alcanzar los objetivos planteados se ha dividido este proyecto en cuatro capítulos que detallan de manera clara los aspectos más relevantes para el análisis de la situación actual de la red de Gualaceo TV y los cambios que serían necesarios para implementar la solución planteada. El capítulo uno se describe la parte teórica de las redes de fibra óptica pasiva (PON, *Passive Optical Network*) y redes híbrida fibra coaxial (HFC *Hybrid Fiber Coaxial*) a fin de conocer las características que poseen como la flexibilidad, escalabilidad, calidad de servicio, entre otros aspectos de gran importancia al emplear esta tecnología. En el segundo capítulo se expone detalladamente el sistema EoC, se realiza un estudio de la estructura, equipos, procedimientos de funcionamiento y servicios que se prestan a los usuarios finales. En el tercer capítulo se realiza un análisis de la red actual, partiendo desde la cabecera hacia cada una de las partes de la red y los elementos que la conforman hasta llegar al suscriptor. Descrito el sistema EoC en el capítulo dos se plantea una solución donde se detalla equipos a utilizar, la ubicación de los elementos de la red de fibra. En el cuarto capítulo contiene un breve estudio de mercado que implica la demanda potencial que presenta el servicio de Internet en las áreas de cobertura. Se describe los costos para llegar a la solución que se pretende implementar. Cabe recalcar que dentro del presente proyecto no se realizará la implementación, solamente el diseño y análisis del sistema EoC.

CAPITULO I

ESTUDIO Y ANALISIS DE LAS REDES EPON Y HFC

1.1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LAS REDES PON

La red óptica pasiva (*Passive Optical Network*, PON) permite eliminar todos los componentes activos existentes entre la oficina central y el cliente, introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos (divisores ópticos pasivos) para guiar el tráfico por la red y cubrir grandes distancias. Uno de sus elementos principales es el divisor óptico conocido también como *splitter*.

1.1.1. Fibra Óptica en Redes de Acceso de Nueva Generación ^[1]

La introducción y desarrollo de la fibra óptica en las telecomunicaciones ha logrado obtener grandes anchos de banda para la transmisión de información, lo cual ha integrado servicios de *Triple Play* (voz, datos y video) a distancias superiores a 20 Km en la red de acceso del suscriptor. Una vía lógica para desplegar la fibra óptica en las redes de acceso local es usar una topología punto a punto (P2P, PtP), con fibras establecidas desde la oficina central (CO, *Central Office*) para cada suscriptor o usuario final como se muestra en la figura 1.1a. Esta es una arquitectura simple que en la mayoría de los casos se considera un alto costo debido a que se requiere la implementación externa de fibra de longitud considerable, también varios puntos de terminación de los conectores de fibra en el intercambio local con lo cual se incrementa en costos de la red. Se puede considerar N suscriptores a una distancia promedio de $L \rightarrow$ Km desde la oficina central, un diseño PtP requiere $2N$ *transceivers* (equipo de transmisión de señal óptica) y una longitud total de fibra $N*L$ se está asumiendo que se usa una fibra para transmisiones bidireccionales. Para reducir el despliegue de fibra, es posible instalar un conmutador remoto (concentrador) cerca del barrio, que posibilita reducir el consumo de fibra a sólo $L \rightarrow$ Km asumiendo la distancia despreciable entre el conmutador y los usuarios, pero esto aumenta el número de *transceivers* a $2N + 2$, tal como se muestra en la figura 1.1b. Además la arquitectura de la red conmutada a la manzana (FTTH, fibra hasta el hogar)

1. KRAMER, Glen, *Ethernet Passive Optical Networks*, McGraw-Hill, United States of America, 2005.

requiere de potencia eléctrica, la potencia de *backup*¹ en el conmutador (*curb switch*). En la actualidad los portadores de telecomunicaciones del mercado es uno de los costos más altos es el mantenimiento y el suministro de potencia eléctrica en el bucle local.

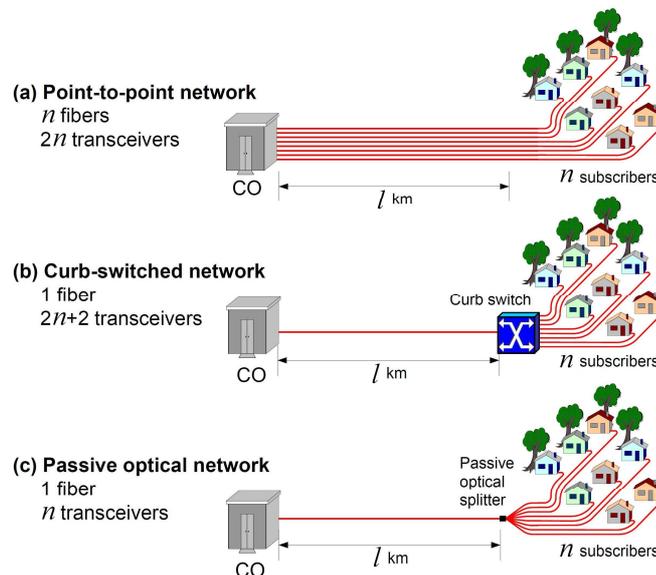


Figura 1.1. Presentación de escenarios fibra al hogar (FTTH) [2]

Para reducir equipos activos es lógico reemplazar el conmutador activo por un divisor óptico pasivo. Las redes ópticas pasivas (PON) son una tecnología considerada por muchos como una solución atractiva al problema de última milla una PON minimiza el número de *transceivers* ópticos, terminaciones de la oficina central e implementación de fibra. Una PON es una red óptica punto a multipunto (P2MP, PtMP) con elementos no activos en la trayectoria de las señales desde la fuente al destino. Los únicos elementos usados en una PON son los componentes ópticos pasivos, tales como: fibra óptica, empalmes, conectores de fibra y divisores. La red de acceso PON basada sólo en una fibra requiere $N + 1$ *transceivers* y $L \rightarrow$ Km de fibra, como en la figura 1.1.c.

1.1.1.1. Representación de las Arquitecturas de la Red de Acceso Óptico

La parte óptica de un sistema de red de acceso local puede ser activa o pasiva y su arquitectura puede ser punto a punto o punto a multipunto como se mencionó anteriormente. La figura 1.2 muestra las arquitecturas disponibles: fibra hasta el hogar (FTTH, *Fiber To The Home*), fibra hasta el edificio o la acometida (FTTB/C, *Fiber To The Building/Curb*) y la fibra hasta el armario (FTTCab, *Fiber To The Cabinet*).

1. Backup: Una fuente de poder alternativa que mantiene un sistema de alarma operacional en caso de que el suministro de potencia falle.

2. Figura 1.1, Presentación de escenarios fibra al hogar (FTTH). KRAMER, Glen, *Ethernet Passive Optical Networks*, McGraw-Hill, United States of America, 2005.

La red de acceso óptico (OAN, *Optical Access Network*) es común a todas las arquitecturas presentadas en la figura 1.2, la uniformidad de este sistema ofrece la posibilidad de generar grandes volúmenes de acceso del sistema de Telecomunicaciones a escala mundial.

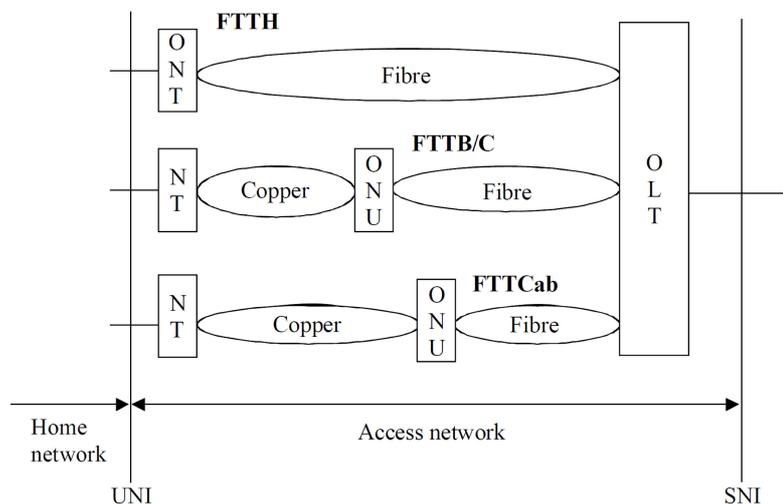


Figura 1.2. Arquitectura de red de acceso óptico.^[1]

ONU Unidad de red óptica (*Optical Network Unit*)
 ONT Terminación de red óptica (*Optical Network Termination*)
 OLT Terminación de línea óptica (*Optical Line Termination*)
 NT Terminación de red (*Network Termination*)
 UNI Interfaz usuario-red (*User Network Interface*)
 SNI Interfaz de nodo de servicio (*Service Node Interface*)

a) Fibra hasta el edificio (FTTB): El esquema de fibra hasta el edificio se divide a su vez en dos aplicaciones uno para las unidades multivivienda (MDU, *Multi-Dwelling Unit*), y el otro para las empresas. Cada sistema posee sus categorías de servicio:

- ✓ Fibra hasta el edificio (FTTB) para unidades multivivienda (MDU)
 - Ofrece servicios de banda ancha asimétricos en difusión digital, vídeo por demanda (VoD, *Video On Demand*), descarga de ficheros, etc.
 - Ofrece servicios de banda ancha simétricos para difusión de contenidos, correo electrónico, intercambio de ficheros, cursos a distancia, juegos en línea, etc.
 - Servicio telefónico ordinario (POTS, *Plain Old Telephone Service*) y red digital de servicios integrados (RDSI), esta red de acceso ofrece de manera flexible servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización adecuada para el acceso.

1. Figura 1.2. Arquitectura de red de acceso óptico. Recommendation ITU-T G.984.1, "Gigabit-Capable Passive Optical Networks (GPON): General Characteristics". 29 Marzo 2008.

- ✓ Fibra hasta el edificio (FTTB) para empresas
 - Brinda un servicio de banda ancha simétricos por ejemplo, programas informáticos de grupo, difusión de contenidos, correo electrónico, intercambio de ficheros, etc.
 - Ofrece servicio telefónico ordinario (POTS) y red digital de servicios integrados (RDSI). La red de acceso ofrece, de una manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización adecuada para el acceso.
 - Línea privada: la red de acceso proporciona, de una manera flexible, servicios de línea privada con distintas velocidades.

b) Fibra hasta la acometida (FTTC) y fibra hasta el armario (FTTCab)

Consta de las siguientes categorías de servicio:

- Presenta servicios de banda ancha asimétricos por ejemplo, servicios de difusión digital, vídeo por demanda, descarga de ficheros, juegos en línea, etc.
- Brinda servicios de banda ancha simétricos por ejemplo, difusión de contenido, correo electrónico, intercambio de ficheros, cursos a distancia, etc.
- Ofrece servicio telefónico ordinario (POTS) y red digital de servicios integrados (RDSI). La red de acceso ofrece, de una manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización adecuada para el acceso.

c) Fibra hasta el hogar (FTTH)

Presenta las siguientes categorías de servicio:

- Involucra servicios de banda asimétricos por ejemplo, servicios de difusión digital, vídeo por demanda, carga de ficheros, etc.
- Servicios de banda ancha simétricos por ejemplo, difusión de contenidos, correo electrónico, intercambio de ficheros, cursos a distancia, juegos en línea, etc.
- Servicio telefónico ordinario (POTS) y red digital de servicios integrados (RDSI). La red de acceso ofrece de una manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización adecuada para el acceso.

La siguiente figura nos presenta los diferentes tipos de arquitecturas de las redes ópticas expuestas anteriormente.

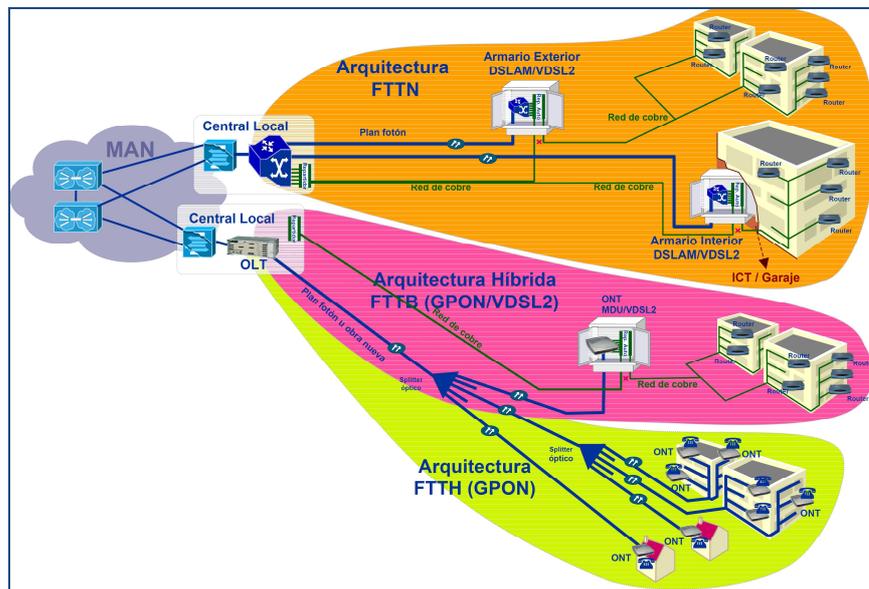


Figura 1.3. Esquema de aplicación de las arquitecturas de redes ópticas ^[1]

1.1.2. Elementos y Aspectos Generales de las PON

Las redes PON a finales de los noventa comenzaron a ser considerado como una solución interesante para ofrecer acceso de fibra óptica hasta los usuarios. Por su naturaleza punto a multipunto, posibilita ahorros significativos en la instalación de la fibra óptica y en interfaces ópticas. Las redes PON no requiere de dispositivos electrónicos u optoelectrónicos activos para la conexión entre el abonado y el operador y, lo que implica menor inversión y menores costes de mantenimiento, estas fueron las opciones que hacían notar como una favorable para su desarrollo.

1.1.2.1. Combinadores o Divisores Ópticos

Para el funcionamiento de una red óptica pasiva se emplean un dispositivo pasivo que no requiere potencia para dividir la señal óptica de una fibra en varias fibras y recíprocamente, para combinar señales ópticas de múltiples fibras en una, este dispositivo es un acoplador óptico. Un acoplador óptico consta de dos fibras fusionadas. La potencia de la señal recibida en cualquier puerto de entrada es dividida entre ambos puertos de salida.

1.Figura 1.3. Esquema de aplicación de las arquitecturas de redes ópticas. TELEFÓNICA ESPAÑA, *Estado actual y evolución de las infraestructuras para los ámbitos de Hogar Digital y Entorno Personal Digital*, Foro MINT 2007 – Telecomunicaciones / IHD, Tecnología y Planificación de Servicios, 23 de Enero de 2007.

La proporción de repartición de un divisor puede ser controlada por la longitud de la región fusionada y por tanto conseguir un parámetro constante. Acopladores $N \times N$ son elaborados por múltiples acopladores 2×2 como se presenta en la figura 1.4 o empleando tecnología de guía de ondas planar¹.

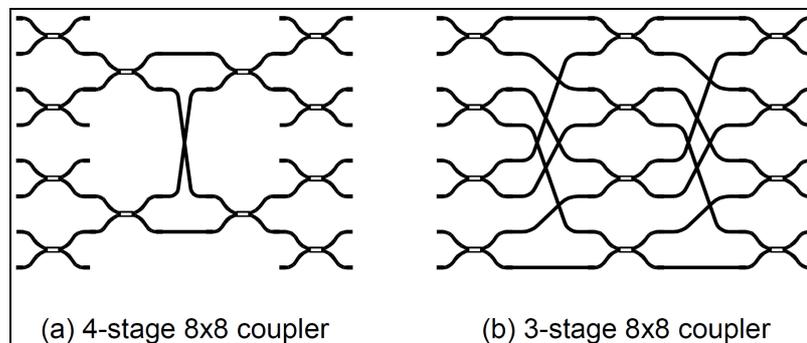


Figura 1.4. Acopladores 8x8 creados a partir de múltiples acopladores 2×2 ^[2]

Los acopladores se fabrican para tener sólo una entrada o sólo una salida. Un acoplador con una sola entrada se refiere a un divisor de señal óptica. Un acoplador con una sola salida se denomina combinador. Los acopladores 2×2 se fabrican de manera altamente asimétricos con proporciones divisorias 5/95 o 10/90 dependiendo a qué puntos de la red se desea llegar y con qué cantidad de señal óptica es necesaria para que funcione el equipo receptor.

1.1.2.2. Topologías PON

Las representaciones graficas muestran que la red PON en la primera milla es una red punto a multipunto (P2MP), con una oficina central (CO) sirviendo a múltiples suscriptores. Las distintas topologías multipunto apropiadas para la red de acceso como la de árbol, árbol y ramas, anillo, o bus representadas en la figura 1.5. Utilizando acopladores ópticos *tap* y divisores ópticos $1: N$, las redes PONs pueden ser flexiblemente instaladas en cualquiera de estas topologías. Las PONs pueden desplegarse en configuraciones redundantes tales como doble anillos o doble árboles o la redundancia puede ser añadida a una sola parte de la PON, es decir tronco del árbol figura 1.5d, referida también a más topologías redundantes, y se aplican de acuerdo al requerimiento de cada sistema.

1. Las Guías de onda Planar (Planar Waveguide) son guías de ondas con una geometría planar, la cual encamina la luz sólo en una dimensión. <http://www.patentstorm.us/patents/6621959-fulltext.html>.

2. Figura 1.4. Acopladores 8x8 creados a partir de múltiples acopladores 2×2 . KRAMER, Glen, *Ethernet Passive Optical Networks*, McGraw-Hill, United States of America, 2005.

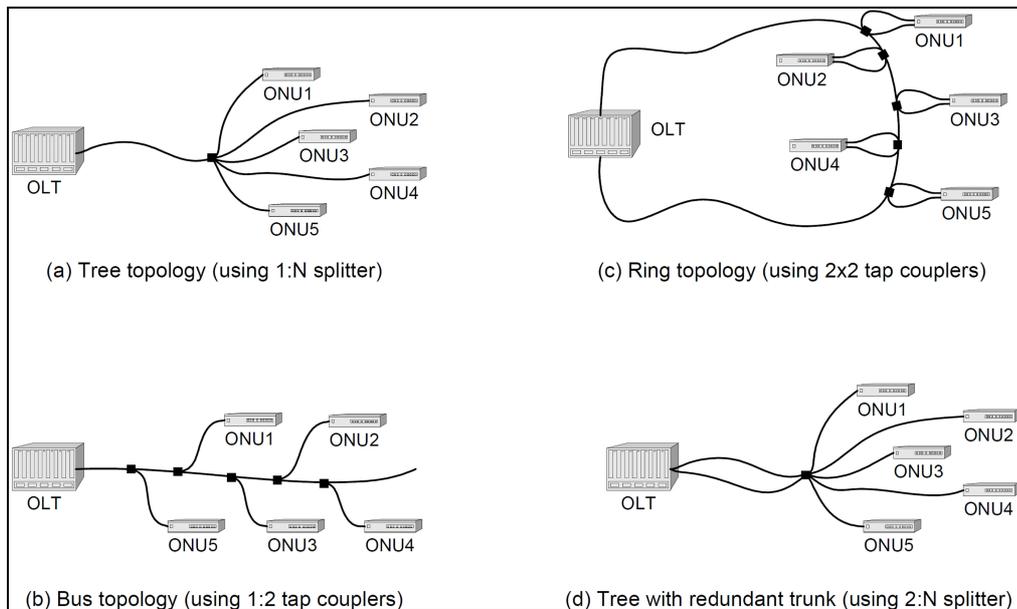


Figura 1.5. Topologías PON ^[1]

La transmisión de datos en la red PON se realiza entre el terminal de línea óptica (OLT, *Optical Line Terminal*) y las unidades de red óptica (ONUs, *Optical Network Units*) como se puede apreciar en la figura 1.5. Cada OLT se encuentra ubicado en la oficina central (CO) y se conecta a la red de acceso óptico y a la red de área metropolitana (MAN) o también a la red de área extendida (WAN) también conocida como la red de *backbone* o *long-haul*. El ONU se encuentra ubicado hasta el lugar que se tiene prevista llegar con la fibra óptica, normalmente hasta la acera pero también podría ser el hasta el usuario final (FTTH, FTTB o FFTC).

Ventajas representativas al usar las redes PONs como redes de acceso para suscriptores:

- Las redes PONs permiten largo alcance entre la oficina central (CO) y la ubicación del usuario final, operando a distancias sobre los 20 Km.
- Las redes PONs reduce la utilización de fibra tanto en la oficina central (CO) como en el bucle local.
- Las redes PONs nos brindan un gran ancho de banda debido a una penetración más profunda de fibra, ofreciendo soluciones y velocidades de gigabits por segundo.
- El buen funcionamiento en sentido descendente como una red de difusión, las PONs permiten la difusión de video ya sea como video IP o video analógico.

1. Figura 1.5. Topologías PON. KRAMER, Glen, *Ethernet Passive Optical Networks*, McGraw-Hill, United States of America, 2005.

- Las redes PONs eliminan la necesidad de instalar multiplexores activos en los sitios divisorios, usan divisores ópticos pasivos, localizados en la infraestructura de los empalmes, instalados como parte de la planta del cable de fibra óptica.

1.1.2.3. Transceivers en Modo Ráfaga

Una red PON tiene sus distancias desiguales entre la CO y los ONUs, la atenuación de la señal óptica en la PON no es la misma para cada ONU, porque este equipo se encontrara a diferente distancia. El nivel de potencia admitido por el OLT será diferente para cada *slot* (ranura) de tiempo (llamado el problema *near-far*). En la figura 1.6 se describe los niveles de potencia de cuatro *slots* de tiempo recibidos por el OLT desde cuatro diferentes ONUs en una PON TDM^[1].

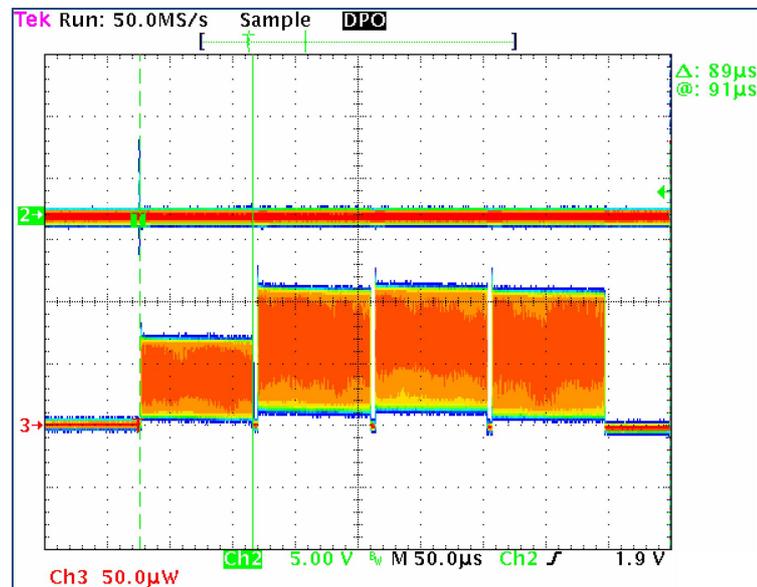


Figura 1.6. Representación del problema *near-far* en una TDM-PON: una toma instantánea del nivel de potencia recibido de cuatro slots de tiempo (timeslots)^[2]

La figura 1.6 nos muestra la intensidad de señal de uno de los ONUs es inferior en el OLT probablemente debido a las largas distancias. Si el receptor en el OLT es ajustado para recibir fielmente señales de potencia altas de un ONU cercano, equivocadamente puede leer unos y ceros cuando reciba señales débiles de un ONU que se encuentre distante. Pero si el receptor está calibrado para recibir señales débiles, éste podría leer tanto los unos como los ceros al recibir señales fuertes.

1. TDM. Multiplexación por división en el tiempo (TDM, *Time Division Multiplexing*) es una técnica que generalmente se utiliza para multiplexar secuencias de voz digitalizadas y secuencias de datos.
 2. Figura 1.6. Representación del problema *near-far* en una TDM-PON: una toma instantánea del nivel de potencia recibido de cuatro slots de tiempo (timeslots). KRAMER, Glen, *Ethernet Passive Optical Networks*, McGraw-Hill, United States of America, 2005.

Para poder detectar correctamente el flujo de bits entrantes, el receptor OLT se ajusta rápidamente al umbral de ceros y unos al comienzo de cada *slot* de tiempo recibido, como por ejemplo, debe operar en modo de ráfaga. El receptor en modo de ráfaga es necesario sólo en el OLT. Los ONUs leen un continuo flujo de bits (datos o *idles*) enviados por el OLT y no necesitan rápidamente un reajuste. Se debe tener en cuenta que la unidad localizada a mayor distancia del OLT puede degradar el funcionamiento de todas los ONUs, por lo que se requiere de un protocolo especial de señalización para realimentar del OLT a cada ONU, esto implica que el ONU posea un hardware más completo. Una solución de alternativa es permitir ajustar la señal de los ONUs a su potencia de transmisión tal que los niveles de potencia recibidos por el OLT desde todas los ONUs lleguen a ser los mismos como solución del problema y no se degrade el funcionamiento del sistema. Un punto muy importante radica en que no es suficiente con prohibir que los ONUs envíen datos el problema es que, aún en ausencia de datos, los láseres generan ruido espontáneo de emisión. Este ruido espontáneo de emisión para varias ONUs localizados cerca del OLT fácilmente puede oscurecer la señal de un ONU remota que emite una señal baja debido a su distancia. Los ONUs deben apagar su láser entre los *slots* de tiempo, ya que un láser se enfría cuando está apagado, y se calienta cuando está encendido, su potencia emitida puede fluctuar al principio de una transmisión. Es importante que el láser pueda estabilizarse rápidamente después de encenderse para poder estar de acuerdo a los *slot* de tiempo.

1.2. RED ÓPTICA PASIVA *ETHERNET* (EPON, *Ethernet Passive Optical Network*)

La EPON es una red basada en las redes ópticas pasivas (PON) que realizan el encapsulamiento de tráfico de datos portadores en tramas *Ethernet* que está definido en el estándar IEEE 802.3. También utiliza el código de línea 8B/10B que consiste en 8 bits de usuario codificados como 10 bits de línea y opera a velocidades estándares de *Ethernet*.

1.2.1. *Ethernet* más PON

Las redes PON han sido consideradas como una solución para la red de acceso desde hace algún mucho tiempo, antes de que el Internet demandara un mayor ancho de banda para la transferencia de datos.

La recomendación UIT-T G.983¹ de la red de acceso de servicio completo (FSAN²) define una red de acceso óptico basada en una PON que usa ATM como protocolo de capa 2. En el año de 1995, es cuando la iniciativa de FSAN comenzó, ATM tuvo altas esperanzas de convertirse en la tecnología predominante para redes LAN, MAN y *backbone*. Desde ese momento, la tecnología *Ethernet* ha rebasado ampliamente a ATM. *Ethernet* se ha convertido en un estándar universalmente aceptado, por encima de los 330 millones de puertos desplegados mundialmente, ofreciendo grandes economías de escala. *Ethernet* se lo visualiza como una opción lógica para la optimización de datos IP sobre la red de acceso. Nos brinda una calidad de servicio (QoS) que ha permitido que las redes *Ethernet* sean capaces de soportar voz, datos y video. Esas técnicas incluyen modos de transmisión full dúplex, priorización (802.1P), y etiquetamiento de LAN virtual (VLAN-802.1Q). *Ethernet* es una tecnología barata, sencilla, ubicua e interoperable con una variedad de equipos.

1.2.2. Desarrollo del Estándar IEEE 802.3ah

La evolución y la necesidad de un estándar *Ethernet* para la red de acceso del suscriptor, hace que se cree la norma IEEE 802.3ah, por el grupo de trabajo *Ethernet* en la primera milla (EFM, *Ethernet in the First Mille*). Con la creación de este grupo pudo recibir la aprobación para operar como un grupo de trabajo de la asociación de estándares IEEE (IEEE-SA) en septiembre del 2001. El grupo de trabajo EFM 802.3ah posibilita tener en *Ethernet* el bucle de abonado local, enfocando la atención en ambas redes de acceso, residencial y empresarial. A primera vista, esto parece ser tarea simple, en realidad los requerimientos de portadores del bucle local son vastamente diferentes de dichas empresas gestadoras para lo cual *Ethernet* ha sido diseñado. Al desarrollar *Ethernet* como redes de suscriptor local, 802.3ah está enfocado en cuatro definiciones:

- ❖ *Ethernet* sobre cobre
- ❖ *Ethernet* sobre fibra punto a punto (P2P)
- ❖ *Ethernet* sobre fibra punto a multipunto (P2MP)
- ❖ Operación, Administración y Mantenimiento (OAM)

1. Recommendation ITU-T G.984.1, "Gigabit-Capable Passive Optical Networks (GPON): General Characteristics". 29 Marzo 2008.

2. El grupo FSAN (Full Service Access Network), es un grupo con el objetivo de unificar las especificaciones para el acceso de banda ancha a las viviendas, definió APON, BPON y GPON. Referencia: <http://fsanweb.com/>

El grupo de trabajo de *Ethernet* en la primera milla está enfocado a la utilización de la fibra y el cobre se puede apreciar en figura 1.7, optimizado así a la primera milla, y conjuntamente puesta en espera por una operación común, administración y sistema de mantenimiento. La visión de los operadores de red es muy grande, ya que éstos tienen con *Ethernet* la elección de implementar un *hardware* común y una plataforma gestionaora. La aplicación de *Ethernet* sobre punto a multipunto (P2MP) se enfoca en las capas inferiores de una red EPON. Esto involucra una especificación de la capa física (PHY), con una modificación mínima en la MAC (*Medium Access Control*) 802.3. Los estándares *Ethernet* basados en fibra para P2MP surgen debido a su progreso, mientras el entramado del protocolo de control multipunto está emergiendo. Este protocolo emergente usa envío de mensajes de control MAC similar al mensaje pause de *Ethernet* para coordinar el tráfico *Ethernet* de tramas *upstream* punto a multipunto.

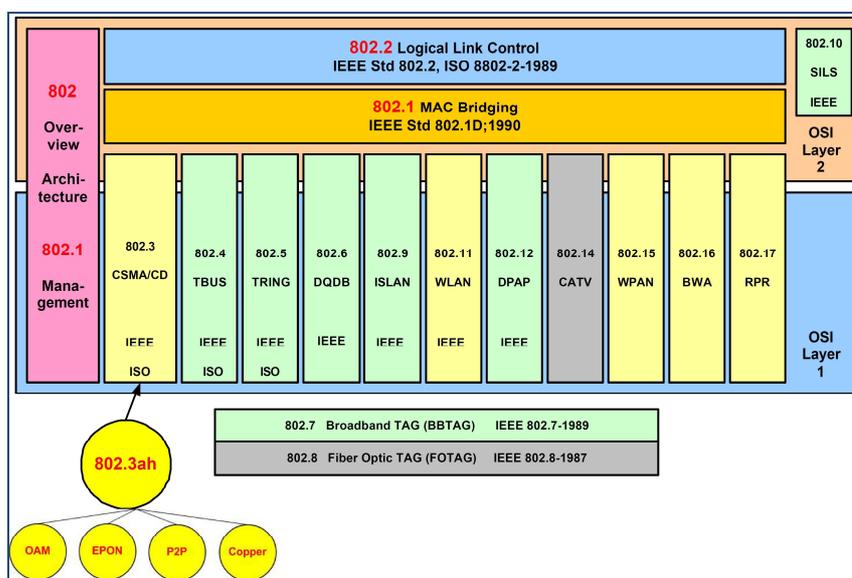


Figura 1.7. Esquema del grupo de trabajo 802.3ah EFM en la IEEE 802^[1]

1.2.3. Arquitectura y Elementos de la EPON

Descripción de los elementos pasivos de una EPON se encuentran localizados en la red de distribución óptica también conocida como planta externa, estos elementos incluyen fibra óptica monomodo, splitters ópticos pasivos, conectores y empalmes. Los elementos de red activos, (Network Element), tales como el OLT's (Terminal de Línea Óptico) y ONU's (Unidad de Red Óptica), que están localizadas en los puntos finales de las redes PON. Las señales ópticas que viajan a través de las PON son divididas por splitters ópticos en múltiples fibras o combinadas en una sola fibra.

1. Figura 1.7. Esquema del grupo de trabajo 802.3ah EFM en la IEEE 802. PEZAVENTO, JC, KOYAMA, Gerry, Kuo, Tetsu, IEEE Access Standards, 802.3ah GE-PON Status. ITU-T Workshop IP/Optical, Chitose, Japan, 9-11 July 2002.

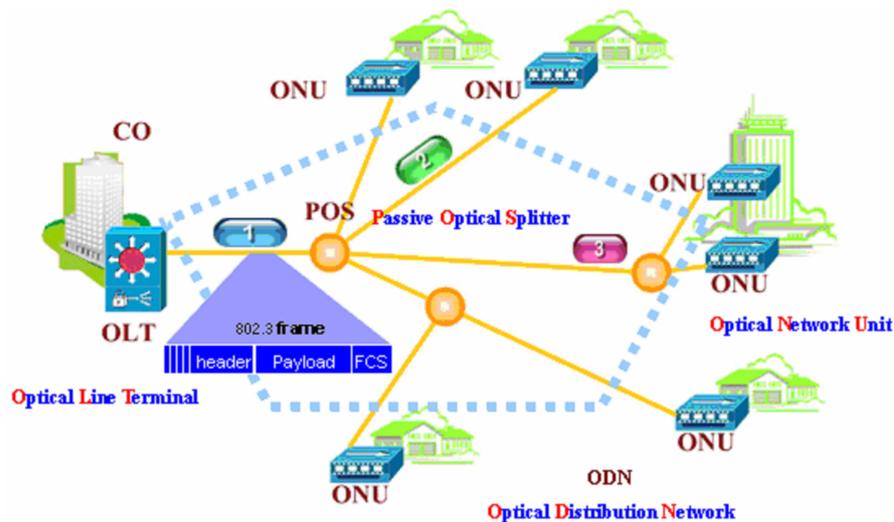


Figura 1.8. Arquitectura de la red EPON^[1]

OLT Terminación de línea óptica (*Optical Line Termination*)
 POS Splitter Óptico Pasivo (*Passive Optical Splitter*)
 ODN Red de distribución óptica
 ONU Unidad de red óptica (*Optical Network Unit*)

1.2.3.1. Elementos Activos de Red

La red EPON da a conocer que los elementos activos, tales como OLT's y ONU's, que se ilustra en la figura 1.8, están localizadas en los puntos finales de las redes EPON. El OLT (Terminal de Línea Óptica) está localizado en el proveedor de servicios, también el Módulo de Interfaz de Red (NIM) y el Módulo con Tarjeta de Switch (MCS). Las EPON's conectan una tarjeta OLT a los ONU's, cada uno localizado en la cuadra o en el lugar de negocios del usuario. El ONU's proveen al usuario una interfaz que brinda servicios de voz, datos y video, también estas interfaces transmiten tráfico hacia los OLT's.

1.2.3.1.1. Terminal de Línea Óptico (OLT, *Optical Line Terminal*)

El OLT provee la interfaz entre el sistema EPON y el proveedor de servicios de datos, video y telefonía. También enlaza el *Core* (núcleo) del proveedor de servicios con un elemento de administración del sistema (EMS, *Element Manager System*). Las interfaces WAN en el OLT se relacionan con los siguientes tipos de equipos:

- Gateways de voz, el cual transporta tráfico de voz TDM, a la PSTN (*Public-Switched Telephone Network*).
- Routers IP y Switches Edge ATM, los cuales también transportan tráfico de datos directamente a la red.

1. Figura 1.8. Arquitectura de la red EPON. GW TECHNOLOGIES CO., LTD. *EPON Technology White Paper*, Beijing.

- Dispositivos de red de video que transportan el video al núcleo de la red de video.

Funciones y características del OLT.

- Provee una interfaz de multiservicios al núcleo de la WAN.
- Provee una interfaz Gigabit Ethernet a la PON
- Switching y Routing en capa 2 y capa 3.
- Calidad de Servicio (QoS) y Acuerdos de nivel de Servicio (SLA).
- Tráfico Agregado.

1.2.3.1.2. Unidad de Red Óptica (ONU, *Optical Network Unit*)

El ONU provee una interfaz entre los usuarios de los servicios de datos, voz, video en la red PON, como se ilustra en la figura 1.8. La función principal del ONU es recibir el tráfico en un formato óptico y convertir los datos, voz, video en un formato de usuario el cual puede ser Ethernet, IP multicast, POTS, E1, etc. Los ONU's proveen funcionalidades de un switch de capa 2 y capa 3, los cuales permiten el ruteo (*routing*) del tráfico interno en el ONU. EPON también entrega servicios de video en cualquier formato de CATV analógico. Dado que en aplicaciones FTTB (*Fiber To The Building*-fibra hacia el edificio) y en FTTH (*Fiber To The Home*- fibra hacia el hogar) los ONU's pueden estar localizadas en la cuadra o en el armario del edificio y también puede ser ubicado en la vivienda del usuario final. El diseño y costos de los ONU's es un factor clave para el desarrollo de las tecnologías EPON.

1.2.4. Principio de Funcionamiento

El estándar IEEE 802.3 ha definido dos configuraciones básicas para una red *Ethernet*. La primera configuración sobre un medio compartido se emplea técnicas de Acceso Múltiple con Detección de Portadora con el Protocolo de Detección de Colisión (CSMA/CD). La otra configuración se basa en las estaciones que pueden conectarse a través de un *switch* sobre un medio compartido usando enlaces punto a punto full dúplex. Las propiedades de EPON son tales que no pueden considerarse como un medio compartido o una red punto a punto, más bien es una combinación de ambas. La comunicación en dirección *downstream*, las tramas *Ethernet* transmitidas por el OLT pasan a través de un divisor pasivo 1: N y llegan a cada ONU. El valor de N divisiones de la señal está conectada entre 16 y 64 ONUs. Este comportamiento es similar a una red de medio compartido. Debido a la difusión de *Ethernet*, en dirección *downstream* desde la red al usuario, se satisface perfectamente con la arquitectura *Ethernet* PON, los

paquetes son difundidos por el OLT y recogidos por sus destinos ONU basándose en la dirección de control de acceso al medio como se presenta en la siguiente figura 1.9.

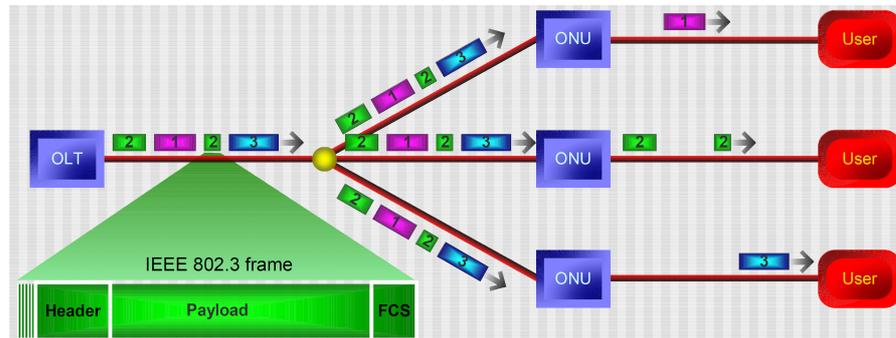


Figura 1.9. Gráfica del tráfico Downstream en EPON^[1]

La comunicación en dirección *upstream*, y las propiedades direccionales de un combinador óptico pasivo, las tramas de datos desde cualquier ONU solo alcanzará al OLT, y no a los ONUs que se encontraran en la misma red. En el sentido, de la dirección *upstream*, el comportamiento de la EPON es similar a una arquitectura punto a punto. Sin embargo, a diferencia de un verdadero enlace de red punto a punto, en las tramas de datos EPON de diferentes ONUs transmitidas simultáneamente todavía se puede presentar colisión. En la dirección *upstream* desde el usuario a la red los ONUs necesitan emplear algunos mecanismos arbitrarios para evitar colisiones de datos y compartir medianamente la capacidad del canal de fibra. Un mecanismo de acceso basado en contención similar a CSMA/CD es difícil de implementar porque los ONUs no pueden detectar una colisión del OLT debido a las propiedades direccionales de los divisores/combinadores. El OLT podría detectar una colisión e informar a los ONUs enviando una señal *jam* sin embargo, los retardos de propagación en la PON, que pueden exceder los 20 Km de longitud, pueden reducir enormemente la eficiencia de tal esquema. No existe garantía de que un nodo consiga acceso al medio de comunicación en cualquier intervalo de tiempo pequeño. Esto no es un problema para las redes de las empresas basadas en CSMA/CD donde los enlaces son cortos, y el tráfico predominante son los datos. Las redes de acceso de suscriptores, sin embargo, además de datos, deben soportar servicios de voz y video, y de esa manera proveer algunas garantías en la entrega oportuna de dichos tipos de tráfico. Para introducir determinismo en la entrega de tramas, se han propuesto diferentes esquemas sin contención. La figura 1.10 se ilustra un flujo de datos de tiempo compartido *upstream* en una EPON.

1. Figura 1.9. Grafico del Tráfico Downstream en la EPON. KRAMER, Glen, *Ethernet Passive Optical Networks*, McGraw-Hill, United States of America, 2005.

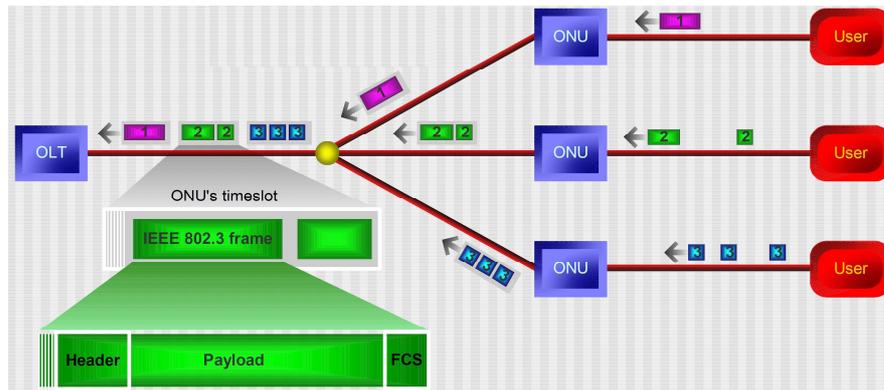


Figura 1.10. Tráfico Upstream en EPON^[1]

Cada uno de los ONUs son sincronizados a una referencia de tiempo común y cada ONU es asignada a un intervalo de tiempo (*timeslot*). Cada intervalo de tiempo es capaz de llevar varias tramas *Ethernet*. El ONU debería recibir las tramas en la memoria temporal (*buffer*) de un suscriptor hasta que su intervalo de tiempo llegue. Cuando su intervalo de tiempo llega, el ONU envía todas las tramas almacenadas a una velocidad de canal saturado el cual debe corresponder a una tasa estándar *Ethernet* (10/100/1000/10000 Mbps). Si no hay tramas en el *buffer* para llenar el intervalo de tiempo completamente, se transmite caracteres *idles* de 10 bits. Uno de los posibles esquemas de asignación del intervalo de tiempo (*timeslots*) podría ir de una asignación estática (acceso múltiple por división de tiempo- fijo (TDMA)) a un esquema de adaptación dinámica basado en el tamaño instantáneo de encolamiento en cada ONU un esquema de multiplexación estadística. Existen otros esquemas de asignación posibles, incluyendo esquemas utilizando nociones de prioridad de tráfico, calidad de servicio (QoS), acuerdos de nivel de servicio (SLA²), etc. Los acercamientos descentralizados para implementar un esquema dinámico de asignación de la ranura (*slot*) también son posibles, los ONUs deciden cuándo enviar datos y por cuánto tiempo. Esos esquemas son algo parecidos a un método de *token-passing*, excepto que en este caso es un anillo pasivo. En tal esquema, cada ONU, antes de enviar sus datos, enviará un mensaje especial anunciando cuántos *bytes* está a punto de enviar. El ONU está programado para monitorear y cronometrar la transmisión del ONU previa al OLT. Así de esta manera no habrá colisión y no se desperdiciará ancho de banda. Este esquema es similar al sondeo de un *hub*. Sin embargo, tiene una limitación mayor requiere conectividad entre ONUs.

1. Figura 1.10. Tráfico Upstream en EPON. KRAMER, Glen, *Ethernet Passive Optical Networks*, McGraw-Hill, United States of America, 2005.
 2. El término SLA corresponde a las siglas de la expresión inglesa "service level agreement", que hace referencia al acuerdo del nivel de servicio. Un SLA es simplemente un acuerdo contractual entre una empresa de servicios y su cliente, donde se define, fundamentalmente, el servicio y los compromisos de calidad.

Esto impone algunas restricciones en la topología PON es decir, la red debería ser desplegada como un anillo o una estrella *broadcasting*. Este requerimiento no es deseable ya que: (a) puede requerir instalar más fibra, o (b) la instalación de fibra con diferentes topologías podría ser ya pre-desplegado. Un algoritmo preferido soportará cualquier topología punto a multipunto (P2MP) PON como se muestra en la gráfica de las topologías en la figura 1.5. En una red de acceso óptico, se puede contar sólo con conectividad desde el OLT a cada ONU que es el tráfico *downstream* y cada ONU al OLT que sería el tráfico *upstream*. El OLT permanece sólo en un dispositivo que puede arbitrar el acceso por división de tiempo para el canal compartido. El desafío de implementación de un esquema dinámico arbitrario basado en el OLT está en el hecho de que el OLT no conoce cuántos *bytes* de datos de cada ONU tiene almacenado en sus *buffers*. Las ráfagas de tráfico de datos imposibilitan una predicción de ocupación con cualquier exactitud razonable. Si el OLT debe hacer una asignación precisa del intervalo de tiempo, debería conocer el estado exacto del ONU dada. Una solución puede utilizar un esquema de sondeo basado en mensajes de concesión y petición. Las peticiones son enviadas desde el ONU para reportar cambios en un estado de la misma, ejemplo, la cantidad de datos almacenados en el *buffer*. El OLT procesa todas las peticiones y asigna diferentes ventanas de transmisión (*timeslots*) a los ONUs. La información de asignación de la ranura es entregada a los ONUs usando mensajes de concesión. La ventaja de tener una inteligencia centralizada por algoritmos de asignación de ranuras es que el OLT conoce los estados de la red entera y puede conmutar otros esquemas de asignación basados en esa información, los ONUs no necesitan monitorear los estados de red o hacer negociación y admitir nuevos parámetros. Eso hará a los ONUs más simples, más baratos y más robustas en la red entera.

1.2.5. Formato de tramas

1.2.5.1. Trama MAC (*Ethernet*)

Este formato de trama se presenta en la figura 1.10, en donde se muestra el formato de la trama del protocolo 802.3. Ésta consta de los siguientes campos:



Figura 1.11. Formato de trama IEEE 802.3

1. Figura 1.11. Formato de trama IEEE 802.3. WILLIAM, Stallings, *Comunicaciones y Redes de Computadores*, Séptima Edición, Prentice Hall, 2004.

SFD = Delimitación de comienzo de trama (*Start of Frame Delimiter*)
DA = Dirección destino (*Destination Address*)
SA = Dirección origen (*Source Address*)
FCS = Secuencia de comprobación de trama (*Frame Check Sequence*)

- **Preámbulo:** El receptor usa 7 octetos de bits ceros y unos alternados para establecer la sincronización entre el emisor y receptor.
- **Delimitador del comienzo de la trama (SFD, *Start Frame Delimiter*):** Consiste en la secuencia de bits 10101011, que indica el comienzo real de la trama y posibilita que el receptor pueda localizar el primer bit del resto de la trama.
- **Dirección de destino (DA, *Destination Address*):** Especifica la estación o estaciones a las que va dirigida la trama, puede tratarse de una única dirección física, una dirección de grupo o una dirección global.
- **Dirección de origen (SA, *Source Address*):** Especifica la estación que envió la trama.
- **Longitud/Tipo:** Contiene la longitud del campo de datos LLC (*Logic Link Control*) expresado en octetos o el campo Tipo de *Ethernet*, dependiendo de que la trama siga la norma IEEE 802.3 o la especificación primitiva de *Ethernet*. En cualquier caso, el tamaño máximo de la trama, excluyendo el preámbulo y el SFD, es de 1518 octetos.
- **Datos LLC:** Unidad de datos proporcionada por el LLC.
- **Relleno:** Octetos añadidos para asegurar que la trama sea lo suficientemente larga como para que la técnica de detección de colisiones (CD) funcione correctamente.
- **Secuencia de Comprobación de Trama (FCS, *Frame Check Sequence*):** Comprobación de redundancia cíclica de 32 bits, calculada teniendo en cuenta todos los campos excepto el preámbulo, el SFD y el FCS.

1.2.5.2. Formato de tramas EPON

La representación gráfica de la figura 1.12 presenta un ejemplo de tráfico downstream que es transmitido desde el OLT al ONU en paquetes de longitud variable. El tráfico downstream es segmentado en tramas de intervalos fijos, cada uno de los cuales transporta múltiples paquetes de longitud variable. Se incluye una señal de reloj en la información para sincronización en cada inicio de trama. Para la marca de sincronización es un byte codificado que es transmitido cada 2 ms para sincronizar los ONUs, con el OLT. El paquete de longitud variable es direccionado al ONU especificado como indica su numeración, de 1 hacia N . Los paquetes son encapsulados de acuerdo al estándar IEEE 802.3 y son transmitidos en *downstream* a 1 Gbps. En la figura se aprecia los paquetes de longitud variable constituida por el payload de longitud variable, el campo de detección de errores y el header.

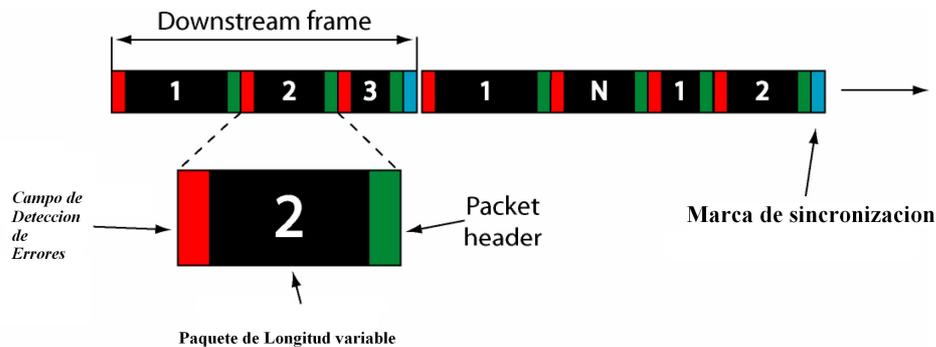


Figura 1.12. Formato de trama Downstream en EPON^[1]

La figura 1.13 nos presenta un ejemplo de tráfico *upstream* utilizando TDM a través de una fibra óptica común para evitar colisiones entre el tráfico de cada ONU. El tráfico *upstream* es segmentado en tramas, y cada trama es también segmentada en *slots* de tiempo que corresponden a una ONU específico. Las tramas *upstream* forman una transmisión continua, con intervalos de 2 ms entre ellas. Una cabecera de trama identifica el inicio de cada trama *upstream*. Cada ONU tiene un *slot* de tiempo dedicado dentro de cada trama *upstream*. En la figura 1.13, cada trama *upstream* está dividida en N *slots* de tiempo, cada uno de los cuales corresponde a un ONU específico, de 1 hasta N . El controlador TDM en cada ONU, en conjunción con la información de tiempo del OLT, controla el tiempo de transmisión *upstream* de los paquetes de longitud variable dentro del *slot* de tiempo dedicado.

1. Figura 1.12. Formato de trama Downstream en EPON. HAJDUCZENIA, Marek, *EPONs – Revolution in Access Networks*, Universidad de Coimbra, Portugal, Octubre 2004.

En la figura 1.13 está representado la visión expandida de un *slot de tiempo* de un ONU específico (ONU-4) que incluye dos paquetes de longitud variable y una cabecera de *slot de tiempo*. La cabecera de *slot de tiempo* incluye una banda de guarda, un indicador de tiempo e indicadores de nivel de señal. Cuando no hay tráfico para transmitir desde el ONU, se rellena el *slot de tiempo* con una señal *idle*.

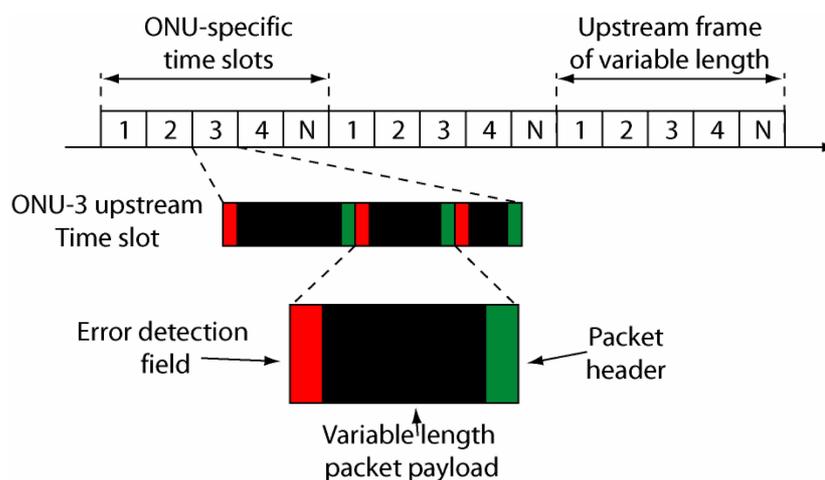


Figura 1.13. Formato de trama Upstream en EPON^[1]

1.2.6. Establecimiento de la EPON Dentro de la Arquitectura IEEE 802.3

El *Ethernet* para redes de acceso de suscriptores, también llamado *Ethernet* en la Primera Milla (EFM, *Ethernet in the First Mile*), combina un grupo mínimo de extensiones a IEEE 802.3 (MAC, *Media Access Control*) y subcapas de MAC Control con un grupo de capas físicas. Estas capas físicas incluyen fibra óptica y subcapas dependientes del medio (PMD, *Physical Medium Dependent*) para cable de cobre con aplicaciones de voz, para conexiones punto a punto (P2P) en redes de acceso de suscriptores. EFM también introduce el concepto de EPONs, en el cual se implementa una topología de red punto a multipunto (P2MP) con divisores ópticos pasivos (*Passive Optical Splitters*), junto a las extensiones de las subcapas *MAC Control Sublayer* y *Reconciliation Sublayer* así como la subcapa dependiente del medio físico (PMD), tipo 1000BASE-PX10 y 1000BASE-PX20 de fibra óptica para soportar esta tecnología. El estándar se incluye un mecanismo para el mantenimiento, administración y operación de la red (OAM, *Operation, Administration and Maintenance*), para facilitar la operación y la solución de problemas de la red.

1. Figura 1.13. Formato de trama Upstream en EPON. HAJDUCZENIA, Marek, *EPONs – Revolution in Access Networks*, Universidad de Coimbra, Portugal, Octubre 2004.

En la figura 1.14, se presenta la relación entre los elementos EFM y el modelo de referencia OSI para tecnologías punto a multipunto. El estándar IEEE 802.3ah define una característica llamada MAC full dúplex simplificada, con el fin de utilizarla en aplicaciones P2MP así como en aplicaciones de cobre para EFM.

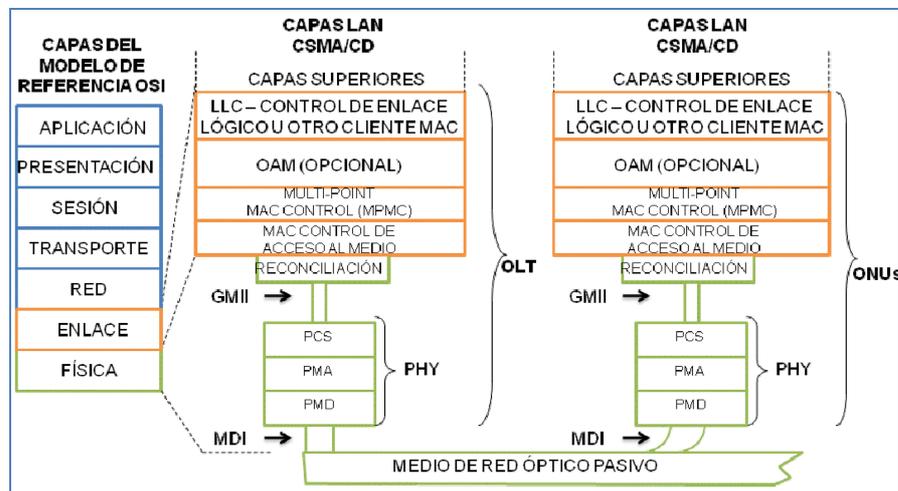


Figura 1.14. Representación de EFM para tecnologías punto a multipunto.

GMII = GIGABIT MEDIA INDEPENDENT INTERFACE (Interfaz independiente del medio gigabit)

MDI = MEDIUM DEPENDENT INTERFACE (Interfaz dependiente del medio)

OAM = OPERATIONS, ADMINISTRATION, AND MAINTENANCE (Operación, administración, y mantenimiento)

PCS = PHYSICAL CODING SUBLAYER (Subcapa de codificación física)

PHY = PHYSICAL LAYER DEVICE (Dispositivo de capa física)

PMA = PHYSICAL MEDIUM ATTACHMENT (Aditamiento del medio físico)

PMD = PHYSICAL MEDIUM DEPENDENT (Dependiente del medio físico)

1.2.6.1. Las Subcapas P2MP

Las tecnologías que utilizan fibra óptica P2MP, EFM soporta velocidades nominales de 1000 Mbps sin codificar, compartida entre un conjunto de ONUs adjuntos a la tecnología P2MP. En la siguiente parte se detallan breves aspectos considerados en las subcapas P2MP.

1.2.6.2. El Protocolo de Control de Acceso al Medio Multipunto (MPCP)

Este Protocolo de Control de Acceso al Medio Multipunto (MPCP) usa mensajes, estados de máquina y temporizadores. Como se establecerá más adelante, para controlar la tecnología P2MP. La topología P2MP consiste de una OLT más uno o varios ONUs, tal como se ilustra en la figura 1.14. Una de las varias instancias del MPCP en el OLT se comunica con la instancia del MPCP del ONU. Se distingue entonces un par asociado de MPCPs que se comunican entre el OLT y el ONU.

1. Figura 1.14. Representación EFM para tecnologías punto a multipunto. GW TECHNOLOGIES CO., LTD. EPON Technology White Paper, Beijing.

1.2.6.3. La Subcapa de Reconciliación (RS) e Interfaces Independientes del Medio

La subcapa de reconciliación (RS, *Reconciliation Sublayer*) proyecta estas señales a señalización física (PLS, *Physical Signalling*) primitivas conocida por la subcapa MAC existente. La combinación de MPCP y la extensión de la Subcapa de Reconciliación (RS) para una emulación P2P, permite a una red P2MP aparecer como una colección de enlaces punto a punto frente a los protocolos de capa superior y para el cliente MAC en las inferiores.

1.2.6.4. El Sistemas de Señalización de Capa Física

En las topologías de P2MP, EFM introduce una familia de sistemas de señalización de capa física las cuales se derivan de 1000BASE-X, pero que incluyen extensiones a la RS, PCS y PMA, junto con una capacidad FEC (*Forward Error Correction*) es un tipo de mecanismo de corrección de errores que permite su corrección en el receptor sin retransmisión de la información original. Se utiliza en sistemas sin retorno o sistemas en tiempo real donde no se puede esperar a la retransmisión para mostrar los datos. La familia de sistemas de señalización de capa física de P2MP incluye una combinación de 1000BASE-PX10-D el flujo de bajada *downstream* PON de 10 km, más 1000BASE-PX10-U el flujo de subida PON de 10 km, y la combinación de 1000BASE-PX20-D el flujo de bajada PON de 20 km más 1000BASE-PX20U el flujo de subida PON de 20 km. EFM introduce diferentes sistemas de señalización de capa física ya sean especificaciones de larga distancia, utilizando cableado de cobre, etc. En la tabla 1.1 se puede ver de manera general las operaciones de cada elemento de capa física que se presentan en el estándar.

NOMBRE	Localización	Velocidad (Mbps)	Alcance nominal (Km)	Medio
100BASE-LX10	ONU/OLT	100	10	Dos fibras monomodo
100BASE-BX10-D	OLT	100	10	Una fibra monomodo
100BASE-BX10-U	ONU			
1000BASE-LX10	ONU/OLT	1000	10	Dos fibras monomodo
			0,55	Dos fibras monomodo
1000BASE-BX10-D	OLT	1000	10	Una fibra monomodo
1000BASE-BX10-U	ONU			
1000BASE-PX10-D	OLT	1000	10	Una fibra monomodo PON
1000BASE-PX10-U	ONU			
1000BASE-PX20-D	OLT	1000	20	Una fibra monomodo PON
1000BASE-PX20-U	ONU			
10PASS-TS-O	CO	10	0,75	Uno o más pares de cobre para aplicaciones de voz
10PASS-TS-R	Suscriptor			
2BASE-TL-O	CO	2	2,7	Uno o más pares de cobre para aplicaciones de voz
2BASE-TL-R	Suscriptor			

Tabla 1.1. Sistemas de señalización de capa física de EFM ^[1]

1.2.6.5. Etapa de Administración

La EFM introduce Operaciones, Administración y Mantenimiento OAM (*Operations, Administration and Maintenance*) para las redes de acceso de suscriptores a *Ethernet*. OAM incluye un mecanismo para la comunicación de la información de administración usando tramas OAM, así como funciones para el desarrollo de diagnósticos de bajo nivel en un enlace de la red.

1.2.6.6. Transmisión Unidireccional

Estos flujos son unidireccionales de paquetes con una QoS asignada en particular dentro de una lista de QoS como veremos más adelante. En contraste a ediciones previas de 802.3, en ciertas circunstancias un DTE estaba habilitado para transmitir tramas mientras no recibía una señal satisfactoria; en cambio, para un OLT 1000BASE-PX-D es necesario hacer esto para así llevar a una PON a un estado de operación aunque no es aconsejable para una ONU 1000BASE-PX-U transmitir sin tener recepción de la OLT.

1. Tabla 1.1. Sistemas de señalización de capa física de EFM. IEEE STD 802.3ah “*Ethernet in the First Mile Task Force, Point to Multipoint Ethernet on SM Fiber (PON)*”.

1.2.7. La Sub-Capa Dependiente del Medio Físico (PMD) EPON 1000BASEPX10 Y 1000BASE-PX20

En las subcapas dependientes del medio físico PMD 1000BASE-PX10 y 1000BASEPX20 proporcionan conexiones 1000BASE-X punto a multipunto (P2MP) sobre redes ópticas pasivas (PONs) de al menos 10Km a 20Km, respectivamente y con una relación típica del divisor de 1:16. Las mismas fibras se utilizan simultáneamente en ambas direcciones. Se especifica la subcapa dependiente del medio físico de: 1000BASE-PX10D, 1000BASE-PX10-U, 1000BASE-PX20-D y 1000BASE-PX20-U (incluyendo MDI) y el medio es la fibra monomodo. Una PMD 1000BASE-PX-U o un dependiente del medio físico (PMD) 1000BASE-PX-D están conectadas para acomodar al aditamiento del medio físico (PMA) 1000BASE-X y el medio a través de la interfaz dependiente del medio (MDI). Opcionalmente una PMD se combina con funciones de gestión que pueden ser accesibles a través del interfaz de gestión. Un enlace 1000BASE-PX10 usa una PMD 1000BASE-PX10-U a un extremo y una PMD 1000BASE-PX10-D al otro. Un enlace 1000BASE-PX20 usa una PMD 1000BASE-PX20-U a un extremo y una PMD 1000BASE-PX20-D al otro. Una PMD 1000BASE-PX20-D es interoperable con una PMD 1000BASEPX10- U. Eso permite ciertas posibilidades de mejoras en la longitud de 10Km a 20Km PONs. La relación divisora o la longitud de alcance se pueden incrementar si está presente la corrección de errores hacia adelante para enlaces ópticos P2MP (FEC). La máxima longitud de alcance no está limitada por el protocolo. En la tabla 1.2, ilustra los atributos primarios para cada tipo de PMD.

Metas y Objetivos

Los objetivos de 1000BASE-PX10 y 1000BASE-PX20 son los siguientes:

- a)** Enlazar punto a multipunto en fibra óptica.
- b)** Velocidades de 1000 Mbps sobre los 10Km en fibra monomodo soportando una relación divisora de 1:16.
- c)** Velocidades de 1000 Mbps sobre los 20Km en fibra monomodo soportando una relación divisora de 1:16.
- d)** Un BER mejor o igual a 10^{-12} en la interfaz de servicio PHY.

Descripción	1000BASE PX10-U	1000BASE PX10-D	1000BASE PX20-U	1000BASE PX20-D	Unidad
Tipo de fibra ¹	B1.1, B1.3 SMF				
Numero de fibras	1				
Longitud de Onda nominal de transmisión	1310	1490	1310	1490	nm
Dirección de transmisión	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	
Rango mínimo	0,5 - 10 Km		0,5 - 20 Km		
Máxima pérdida de inserción del canal ²	20	19,5	24	23,5	dB
Mínima pérdida de inserción de canal ³	5		10		dB

Tabla 1.2 Tipos de PMD especificados ^[4]

1.2.7.1. Posicionamiento de la PMD Establecida en la Arquitectura IEEE 802.3

Se describe una red flexible de acceso en fibra óptica capaz de soportar los requisitos de banda ancha de los servicios a empresas y usuarios residenciales. Para el posicionamiento de la PMD se presenta en la figura 1.15, la cual describe la relación de la PMD coloreada con otras subcapas y el modelo de referencia OSI (*Open System Interconnection*).

1.2.7.2. Interfaz de Servicio de la Subcapa Dependiente del Medio Físico (PMD)

A continuación se especifica los servicios dotados por el PMDs 1000BASE-PX10 y 1000BASE-PX20. Las interfaces de servicios de la subcapa PMD están descritas de una manera abstracta y no implica ninguna implementación en particular. La interfaz de servicio PMD soporta el cambio de códigos de grupo 8B/10B entre las entidades PMA y PMD. La PMD traduce los datos serializados a la PMA desde y hacia señales adecuadas para el medio específico.

1.2.7.3. Especificaciones Funcionales de la PMD

El funcionamiento de PMDs 1000BASE-PX transmite y recibe funciones que transportan datos de la interfaz de servicio de la PMD y la MDI.

1. Los requerimientos del cable de fibra óptica están soportados por las fibras especificadas en IEC 60793-2 Tipo B1.1 (fibra monomodo dispersion un-shifted), Tipo B1.3 (fibra monomodo low wáter peak) especificadas en la norma IEC 60793-2 y UIT-T G.652.

2. A transmisión de longitud de onda nominal.

3. La pérdida de inserción diferencial para un enlace es la diferencia entre la pérdida máxima y mínima de la inserción del canal.

4. Tabla 1.2. Tipos de PMD especificados. IEEE STD 802.3ah “Ethernet in the First Mile Task Force, Point to Multipoint Ethernet on SM Fiber (PON)”.

Velocidad nominal de la señal, la velocidad en la línea de transmisión debe ser múltiplo de 8K. El máximo alcance lógico diferencial es la máxima diferencia de alcance lógico entre todas los ONU. Se mide en Km y no está limitado por los parámetros PMD y las cuestiones de implementación.

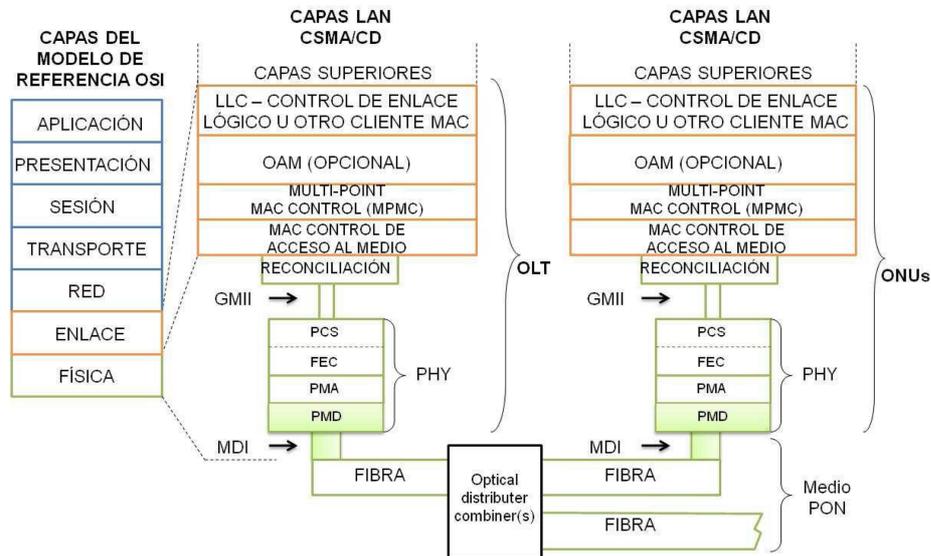


Figura 1.15. PMDs P2MP relación del modelo de referencia OSI y el modelo LAN IEEE 802.3 CSMA/CD ^[1]

- GMII = GIGABIT MEDIA INDEPENDENT INTERFACE ONU = OPTICAL NETWORK UNIT
- MDI = MEDIUM DEPENDENT INTERFACE PCS = PHYSICAL CODING SUBLAYER
- OAM = OPERATIONS, ADMINISTRATION & MAINTENANCE PHY = PHYSICAL LAYER DEVICE
- OLT = OPTICAL LINE TERMINAL PMD = PHYSICAL MEDIUM DEPENDENT
- PMA = PHYSICAL MEDIUM ATTACHMENT

1.3. APLICACIÓN DE CONTROL MAC MULTIPUNTO

En este ítem se detallan los protocolos de mecanismo y control requeridos para relacionar la topología P2MP en un ambiente de trabajo *Ethernet*. El medio P2MP es una red óptica pasiva (PON), una red sin elementos activos en el camino de la señal desde su origen hasta su destino. Los únicos elementos interiores usados en una PON son componentes ópticos pasivos, tales como fibra óptica, conectores para los equipos, empalmes (*splices*) y divisores (*splitters*) mencionados anteriormente para el sistema PON, que combinados con el protocolo *Ethernet* da lugar a la red referida como *Ethernet Passive Optical Network* (EPON). P2MP es un medio asimétrico basado en una topología tipo árbol, un equipo terminal de datos (DTE, *Data Terminal Equipment*) conectado al tronco del árbol llamado *Optical Line Terminal* (OLT), y varios DTEs conectados en las ramas llamados *Optical Network Units* (ONUs).

1. Figura 1.15. PMDs P2MP relación del modelo de referencia OSI y el modelo LAN IEEE 802.3 CSMA/CD. IEEE 802.3ah “*Ethernet in the First Mile Task Force, Point to Multipoint Ethernet on SM Fiber (PON)*”.

El OLT típicamente reside en las instalaciones del proveedor de servicios, mientras que las ONUs se localizan en las proximidades de los suscriptores. En sentido de la comunicación de bajada desde el OLT hasta el ONU, las señales transmitidas por el OLT pasan a través de un *splitter* pasivo 1: N o cascadas de *splitters* para alcanzar cada ONU. En la dirección del flujo de subida desde los ONUs hasta el OLT, la señal transmitida por un ONU, únicamente alcanza al OLT más no otros ONUs. Para eliminar la colisión de datos e incrementar la eficiencia de la red de acceso de suscriptores, las transmisiones de los ONUs son arbitrarias, esto se logra gracias a la localización de una ventana de transmisión en cada ONU. El ONU retarda su transmisión hasta que llegue una concesión. Una vez que dicha concesión ha llegado, el ONU transmite tramas a la velocidad nominal en su *slot* de tiempo asignado.

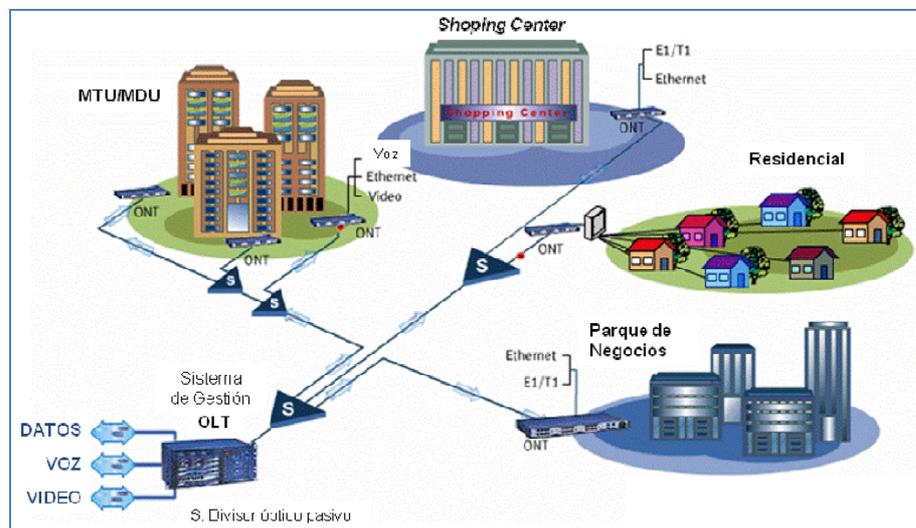


Figura 1.16. Representación de la tecnología PON ^[1]

Basados en el estándar IEEE 802.3ah se detalla la localización de los recursos de transmisión en el flujo de subida a los diferentes ONUs, en la red y reporte de congestión a capas superiores para permitir esquemas de localización de ancho de banda dinámico y multiplexaje estadístico a través de la PON. No incluye tópicos como estrategias de localización de ancho de banda, autenticación de usuarios finales, definición de calidad de servicio, aprovisionamiento o mantenimiento. Se especifica el Protocolo de Control de Acceso al Medio Multipunto para operar una red óptica multipunto definiendo la subcapa *Multi-point MAC Control* como una extensión de la subcapa *MAC Control* actualmente soportada por las especificaciones.

1. Figura 1.16. Representación de tecnología PON. Tutorial, Prof. KAZOVSKY, GUTIERREZ, Leonid G., David, *Broadband Fiber Access*, Wei-Tao Shaw, Gordon Wong, *Photonics and Networking Research Laboratory (PNRL)*, Stanford University, 2007.

EPON opera permitiendo la transmisión de un único ONU a la vez en la dirección del flujo de subida. EL MPCP localizado en el OLT es responsable de los diferentes intervalos de transmisión, el reporte de congestión de los diferentes ONUs puede concurrir a la determinación de ancho de banda a través de las EPON. El descubrimiento automático de las estaciones finales se desarrolla culminando en un proceso de registro de un ONU en un puerto del OLT y determinando un Identificador Lógico de Enlace LLID (*Logical Link ID*). Las funcionalidades del Control MAC Multipunto deben implementarse por los equipos de acceso de los subscribers contenidos en los equipos de capa física punto a multipunto. El Control MAC multipunto define la operación de control MAC para redes ópticas punto a multipunto. En la figura 1.17 se ilustra el posicionamiento de la subcapa *Multipoint MAC Control* con respecto a MAC y al cliente *MAC Control*, la cual toma el lugar de ésta para extender su aplicación a múltiples clientes y con una funcionalidad de control MAC adicional. *Multi-point MAC Control* está definida usando los mecanismos y precedentes de la subcapa *MAC Control*, la cual tiene una extensa funcionalidad diseñada para administrar el control en tiempo real y la manipulación de la operación de la subcapa MAC.

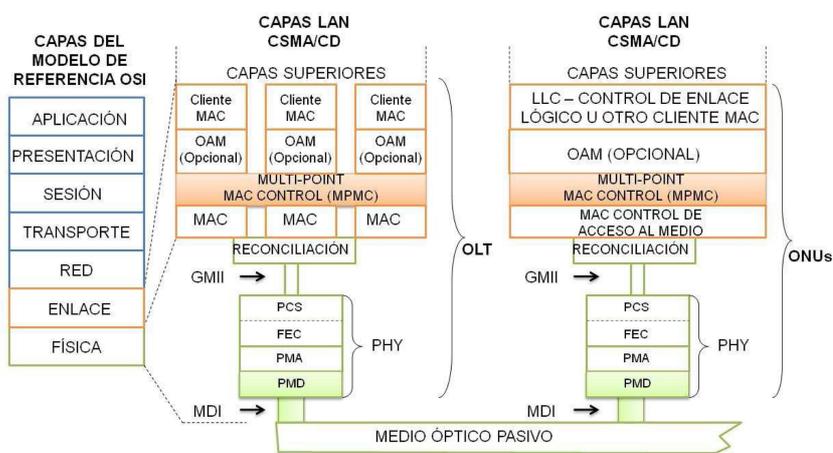


Figura 1.17. La relación del Control MAC Multipunto y la pila de protocolos OSI^[1]

Además, la subcapa *Multi-point MAC Control* está especificada para que pueda soportar nuevas funciones a ser implementadas y adheridas al estándar IEEE 802.3ah en el futuro, tal como MPCP para P2MP. Como se aprecia en la figura 1.17, la instancia MAC ofrece una emulación de servicio P2P entre el OLT y el ONU, en una MAC adicional es posible la comunicación con todas las MACs simultáneamente.

1. Figura 1.17. La relación del Control MAC Multipunto y la pila de protocolos OSI. IEEE 802.3ah "Ethernet in the First Mile Task Force, Point to Multipoint Ethernet on SM Fiber (PON)".

Estas instancias toman máxima ventaja de la naturaleza de difusión de un canal de flujo de bajada al enviar una copia simple de una trama que es recibida por todas los ONUs. La instancia MAC es referida como Copia Simple de Difusión SCB (*Single Copy Broadcast*). El ONU únicamente requiere una instancia MAC de las operaciones de filtrado de trama que se dan en RS antes de alcanzar la MAC. El grafico de la figura 1.17, describen múltiples MACs dentro del OLT, se puede usar una dirección MAC simple *unicast* por la OLT. Dentro de la red EPON, las MACs son identificadas únicamente por su LLID, el cual se asigna dinámicamente en el proceso de registro. La figura 1.18, muestra un diagrama de bloques funcional de la arquitectura de control MAC multipunto.

1.3.1. La Operación del Control MAC Multipunto

La figura 1.18 nos presenta que el control MAC multipunto se compromete en las siguientes funciones:

- El Control de transmisión multipunto (*Multi-Point Transmisión Control*). Este bloque es el responsable de la sincronización de las instancias de control MAC multipunto asociadas con dicho control. Mantiene el estado de control y supervisa las funciones de multiplexaje de las MACs requeridas.
- Instancia *n* de control MAC multipunto (*Multi-Point MAC Control Instante n*). Este bloque es requerido por cada MAC y por sus clientes respectivos MAC asociados con el control MAC multipunto, para mantener todas las variables y estados asociados con la operación de todos los protocolos de control MAC.
- Control Parser: Este bloque es responsable del análisis de las tramas de control MAC, de las interfaces con las diferentes entidades, de los bloques específicos opcode¹, y el cliente MAC.
- Control Multiplexer. Este bloque es el responsable de la selección de la fuente de las tramas reenviadas.
- Anexos. Este bloque mantiene las acciones de control MAC para apoyo de legitimidad y servicios futuros.
- Procesos de descubrimiento, reporte y portal. Estos bloques son responsables de la manipulación del MPCP en el contexto de MAC.

1. Opcode: Códigos de operación de control de acceso al medio.

1.3.2. Los Fundamentos del Control MAC Multipunto

En la figura 1.18, la subcapa de Control MAC Multipunto puede requerir múltiples instancias de Control MAC Multipunto para unir múltiples MAC y clientes MAC *Control* sobre múltiples MACs. La única instancia MAC *unicast* se usa en el OLT para comunicarse con cada ONU.

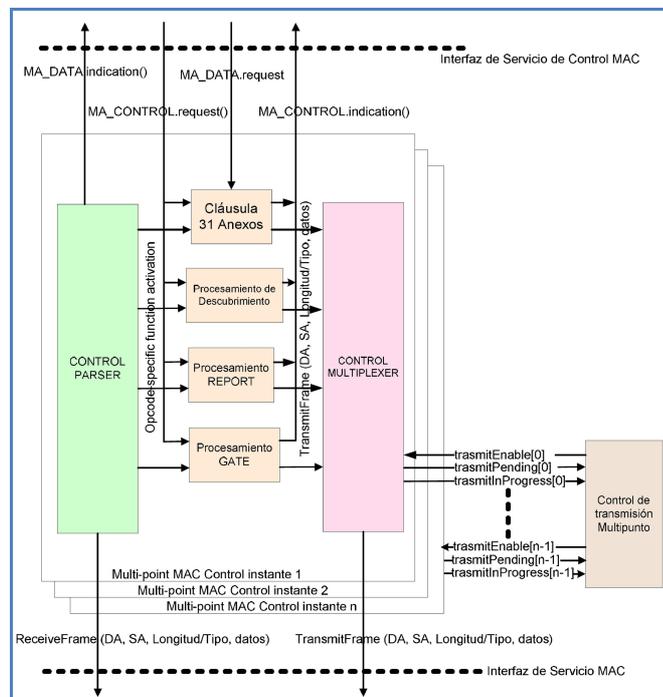


Figura 1.18. Diagrama de bloques funcional del control MAC multipunto ^[1]

Las instancias MAC individuales utilizan el servicio de la emulación de punto a punto entre el OLT y el ONU. En el ONU, la instancia MAC única se usa para comunicarse con otra instancia MAC respectiva en el OLT. El Control MAC Multipunto contiene una única instancia de la función *Control Parser/Multiplexer*. El Protocolo de Control MAC Multipunto soporta varias MACs e interfaces de cliente. Solamente una interfaz de MAC y la interfaz del cliente se habilitan para la transmisión en un determinado momento. Existe una ruta clara entre una interfaz de servicio MAC y una interfaz de servicio de cliente. La operación de recepción se da como se describe a continuación: La instancia de Control MAC Multipunto genera la llamada de la función *ReceiveFrame* continuamente a la instancia MAC fundamental. Desde que estas MACs están recibiendo tramas de una simple capa física, sólo pasa una de ellas desde las instancias MAC al Control MAC Multipunto.

1. Figura 1.18. Diagrama de bloques funcional del control MAC multipunto. IEEE 802.3ah "Ethernet in the First Mile Task Force, Point to Multipoint Ethernet on SM Fiber (PON)".

Las instancias MAC como respuesta a *ReceiveFrame* se refieren a cómo éstas estén habilitadas, y su interfaz de servicio está referido a como el interfaz de MAC esté activado. La MAC pasa a la subcapa Control MAC Multipunto únicamente las tramas válidas, evitando las no válidas en respuesta a la llamada de la función *ReceiveFrame*. La habilitación de una interfaz de servicio de transmisión es realizada por la instancia de Control MAC Multipunto en colaboración con el Control de Transmisión Multipunto. Las tramas generadas en el Control MAC tienen mayor prioridad que las tramas de cliente MAC. Para la transmisión de estas tramas, la instancia de Control MAC Multipunto habilita el reenvío de las funciones *MAC Control*, pero la interfaz de cliente MAC no se habilita. La recepción de una trama en un MAC habilita la interfaz *ReceiveFrame* del MAC. Al recibir la interfaz MAC, ésta se habilitará en cualquier momento dado que hay una interfaz de capa física. La información de las interfaces activadas se guarda en las variables de estado de control, y son accedidas por el bloque *Control Multiplexing*. La subcapa de Control MAC Multipunto usa los servicios fundamentales de la subcapa para intercambiar datos y tramas de control.

Operación de recepción en cada instancia:

- Una trama se recibe del MAC subyacente.
- La trama se analiza según el campo *Length/Type*.
- Las tramas *MAC Control* son demultiplexadas según el *opcode* y reenviadas a las funciones del proceso pertinentes.
- Se reenvían las tramas de datos al cliente MAC.

Operación de transmisión en cada instancia:

- El cliente MAC señala una trama de transmisión.
- Un bloque de proceso de protocolo intenta emitir una trama, como resultado de una petición específica o como resultado de un evento MPCP que genera una trama.
- Cuando se permite transmitir por el bloque de Control de Transmisión Multipunto, la trama se reenvía.

1.3.2.1. Los Procesos de Ranging y Timing

En este proceso se involucra al OLT y los ONUs tienen contadores de 32 bits que se incrementan cada 16 ns. Estos contadores proporcionan una estampa de tiempo local. Cuando cualquier dispositivo transmite una PDU MPCP (MPCPDU), se marca su valor de contador en el campo *timestamp*. El tiempo de transmisión del primer octeto de una

trama MPCPDU desde el control MAC al MAC se toma como el tiempo de la referencia usado para poner el valor de *timestamp*. Cuando el ONU recibe MPCPDUs, pone su contador según el valor del campo *timestamp* del MPCPDU recibido. Cuando el OLT recibe MPCPDUs, usa los valores de *timestamp* recibidos para calcular o verificar el tiempo de viaje entre el OLT y el ONU. El RTT es igual a la diferencia entre el valor del cronómetro y el valor en el campo *timestamp*. El RTT calculado es notificado al cliente, el cual puede usar este RTT para el proceso de *ranging*. Una condición de error de tendencia de *timestamp* ocurre cuando la diferencia entre los relojes de del OLT y del ONU excede algún umbral predefinido. Para que esta condición puede descubrirse independientemente por el OLT o por el ONU. El OLT descubre esta condición cuando una diferencia absoluta entre valores nuevos y viejos de RTT medidos para una ONU dada excede el valor de *guardThresholdOLT*, como nos presenta la figura 1.19.

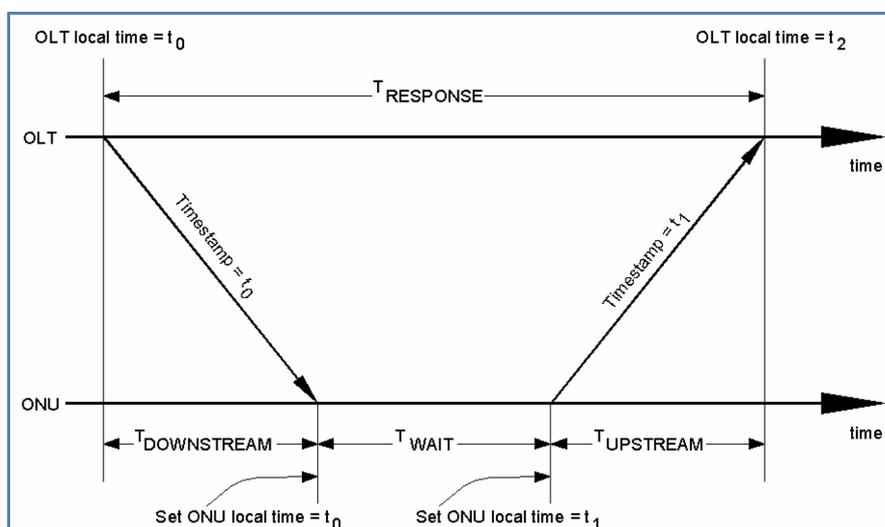


Figura 1.19 Cálculo del tiempo de viaje RTT

$T_{DOWNSTREAM}$ = Retardo de propagación del flujo de bajada
 $T_{UPSTREAM}$ = Retardo de propagación del flujo de subida
 T_{WAIT} = Tiempo de espera en la ONU = $t_1 - t_0$
 $T_{RESPONSE}$ = Tiempo de respuesta en el OLT = $t_2 - t_0$
 $RTT = T_{DOWNSTREAM} + T_{UPSTREAM} = T_{RESPONSE} - T_{WAIT} = (t_2 - t_0) - (t_1 - t_0) = t_2 - t_1$

EL ONU descubre una condición de error de tendencia de *timestamp* cuando la diferencia absoluta entre un *timestamp* recibido en un MPCPDU y los contadores locales exceden el *guardThresholdONU*.

1. Figura 1.19. Cálculo del tiempo de viaje RTT. IEEE 802.3ah "Ethernet in the First Mile Task Force, Point to Multipoint Ethernet on SM Fiber (PON)".

1.3.2.2. Control de Transmisión Multipunto, *Control Parser* y *Control Multiplexer*

En este punto se describe propósito del control de transmisión multipunto es permitir solamente a uno de los múltiples clientes MAC, transmitir a su MAC asociado y subsecuentemente a la capa RS a un tiempo, solo para hacer útil una señal *transmitEnable* a la vez.



Figura 1.20. Interfaces del Servicio de Control de Transmisión Multipunto ^[1]

En la figura 1.20 nos presenta el bloque en función de n de la instancia de control MAC multipunto se comunica con el control de Transmisión Multipunto usando las variables de estado *transmitEnable[n]*, *transmitPending[n]* y *transmitProgress[n]*. *Control Parser* es responsable del análisis independiente de *opcode* de las tramas MAC en la vía de recepción, identificando las tramas *MAC Control* y demultiplexándolas en múltiples entidades para el manejo de eventos.

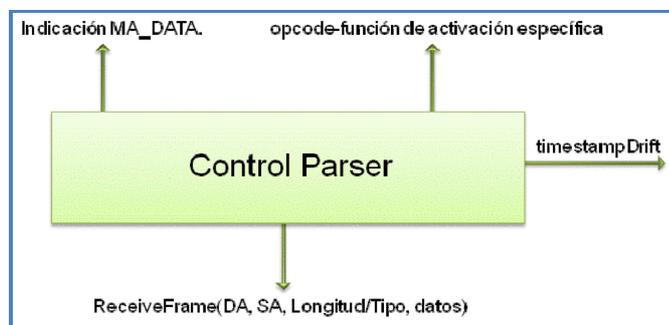


Figura 1.21. Interfaces de servicio de Control Parser ^[2]

El *Control Multiplexer* es el responsable del reenvío de las tramas desde las funciones específicas *opcode* del *MAC Control* y el cliente MAC, a la MAC. El multiplexado se realiza en la dirección de transmisión. En el OLT, las múltiples instancias MAC comparten el mismo Control MAC Multipunto, resultando que el bloque de transmisión esté habilitado basado en una señal de control externo localizada en el Control de Transmisión Multipunto para evitar la sobrecarga de transmisión.

1. Figura 1.20. Interfaces del Servicio de Control de Transmisión Multipunto. IEEE 802.3ah “Ethernet in the First Mile Task Force, Point to Multipoint Ethernet on SM Fiber (PON)”.

2. Figura 1.21. Interfaces de servicio de Control Parser. IEEE 802.3ah “Ethernet in the First Mile Task Force, Point to Multipoint Ethernet on SM Fiber (PON)”.

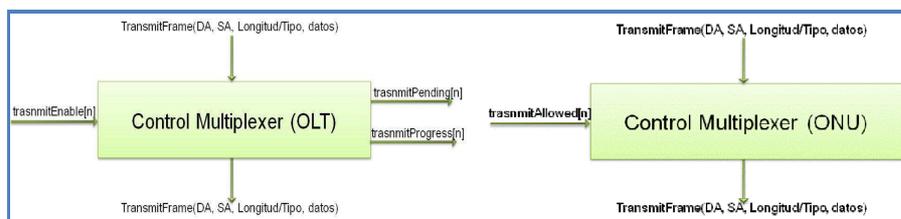


Figura 1.22. Interfaces de servicio de Control Multiplexer ^[1]

1.3.2.3. El Protocolo de Control Multipunto (MPCP)

El bloque funcional del Control MAC Multipunto representado en la figura 1.18, está comprendido de las siguientes funciones:

- El proceso de descubrimiento: En este bloque maneja el proceso de descubrimiento a través del cual el ONU se descubre y registra en la red mientras se da un RTT.
- Proceso de reporte: El bloque maneja la generación y colección de los mensajes de reporte a través de los cuales se envían los requisitos de ancho de banda que son transmitidos en el flujo de subida desde el ONU hasta el OLT.
- Proceso de portal: El bloque maneja la generación y colección de mensajes de portal a través de los cuales se logra la multiplexación de los múltiples transmisores.

Para este sistema de capas puede requerir múltiples entidades MAC, usando una sola capa física. Cada MAC requerida se comunica con una instancia de bloque funcional específico de *opcode* a través del Control MAC Multipunto. Algunas variables globales son compartidas por las múltiples instancias. El control de estado común se usa para sincronizar las múltiples MACs usando los procedimientos del MPCP.

1.3.2.3.1. Fundamentos del Protocolo de Control Multipunto

El protocolo de Control MAC Multipunto habilita a un cliente MAC para participar en una red óptica punto a multipunto permitiéndole transmitir y recibir las tramas como si estuviese conectado a un enlace dedicado. Un cliente MAC transmite y recibe tramas a través de la subcapa MAC Multipunto. El Control MAC Multipunto decide cuándo permitir que una trama sea transmitida usando la interfaz de cliente *Control Multiplexer*. El control MAC puede generar tramas de control que se transmitirían previamente a las tramas del cliente MAC, utilizando la habilidad inherente de proporcionar transmisión de prioridad superior de tramas de control MAC sobre tramas de cliente MAC.

1. Figura 1.22. Interfaces de servicio de Control Multiplexer. IEEE 802.3ah “Ethernet in the First Mile Task Force, Point to Multipoint Ethernet on SM Fiber (PON)”.

Múltiples MACs operan en un medio compartido permitiendo a una sola MAC transmitir en el flujo de subida en cualquier momento dado por la red que usa un método de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Los nuevos dispositivos son descubiertos en la red y permiten la transmisión a través de las funciones del proceso de descubrimiento. Se logra un control minucioso de la distribución de ancho de banda usando mecanismos de regeneración apoyados en las funciones del proceso de reporte. El funcionamiento de la red P2MP es asimétrico, con el OLT que asume el papel de maestro, y el ONU que asume el papel de esclavo.

1.3.2.3.2. Consideraciones de Compatibilidad

La operación PAUSE: Aunque MPCP es compatible con el control de flujo, el uso optativo de éste puede no ser eficiente en el caso de retardos de propagación elevados.

La emulación LAN compartida opcional: Combinando P2PE, reglas de filtración convenientes en los ONUs y, la filtración conveniente y reglas remitidas al OLT, es posible emular una LAN compartida eficiente.

Multidifusión y soporte de copia simple de distribución: En la dirección del flujo de bajada, la EPON es un medio de difusión. Para hacer uso de esta capacidad para el reenvío de tramas de difusión desde el OLT a los múltiples destinatarios sin la duplicación múltiple para cada ONU, se introduce el soporte de copia simple de distribución SCB (*Single-Copy Broadcast*).

El OLT tiene por lo menos un MAC asociado con cada ONU. Una o más MAC en el OLT es marcado como SCB MAC. El SCB MAC se ocupa de todo el tráfico de difusión del flujo de bajada, pero nunca se usa en la dirección del flujo de subida para el tráfico del cliente, salvo en el registro del cliente. Pueden implementarse capas superiores optativas para realizar una difusión selectiva de tramas. Tales capas pueden demandar MACs adicionales (MACs *multicast*) para ser requeridas en el OLT para algunas o todos los ONUs que aumentan el número total de MACs. Cuando se conecta el SCB MAC a un puerto de un puente 802.1d, es posible que puedan formarse lazos debido a la naturaleza *broadcast* de transmisión es por eso que se recomienda no hacerlo.

Requerimientos de retraso: El protocolo MPCP confía en una base de tiempo estricta basada en la distribución de *timestamps*. Una implementación conforme necesita

garantizar un retardo constante a través de la MAC y de la capa física para mantener la exactitud del mecanismo de *timestamping*. El retardo real es dependiente de la implementación, sin embargo una implementación mantendrá una variación de retardo de no más de 16 tiempos de *bit* a través de la pila MAC implementada.

1.4. OPERACION, ADMINISTRACIÓN Y MANTENIMIENTO (OAM)

Los procesos más importantes es la operación, administración y mantenimiento para las redes EPON, en la subcapa operación, administración y mantenimiento (OAM) provee mecanismos útiles para el monitoreo de la operación de los enlaces tal como indicaciones remotas de falla y controles remotos de lazo de retorno (*loopback*). En general OAM provee a la red operar la disponibilidad para monitorear su estado y rápidamente localizar los enlaces con falla o las condiciones de error. OAM no incluye funciones tales como mantenimiento de estación, determinación de ancho de banda o funciones de aprovisionamiento, las cuales son consideradas de manera propietaria fuera del alcance de EFM en IEEE802.3ah. Posicionamiento de OAM dentro de la arquitectura IEEE 802.3. OAM compromete una subcapa opcional entre una subcapa superior y una inferior. La figura 1.23 nos presenta la relación de la subcapa OAM con el modelo de referencia ISO/OSI. La subcapa opcional OAM puede efectuar una implementación para algunos puertos dentro de un sistema y no para otros de ellos.

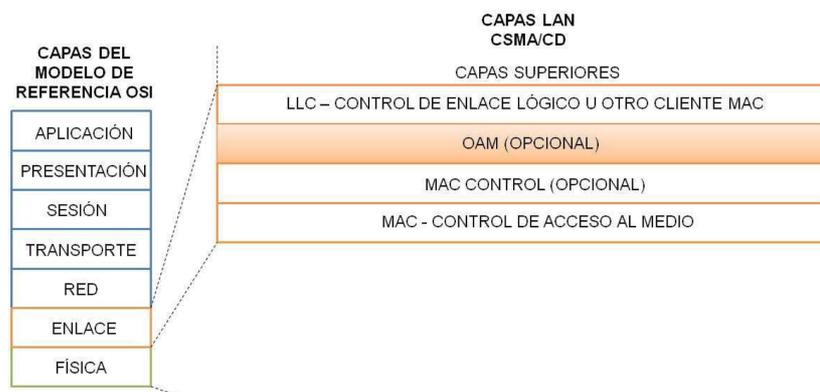


Figura 1.2. Relación de OAM dentro del modelo ISO/OSI^[1]

Un DTE está capacitado para determinar si un DTE remoto tiene o no habilitado la funcionalidad OAM. El mecanismo de descubrimiento de OAM determina los parámetros configurados y funciones soportados en un enlace dado.

1. Figura 1.23. Relación de OAM dentro del modelo ISO/OSI. IEEE 802.3ah “Ethernet in the First Mile Task Force, Point to Multipoint Ethernet on SM Fiber (PON)”.

1.5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS REDES EPON

1.5.1. Rendimiento EPON

El rendimiento de una red EPON dependen en lo particular del esquema de asignación de ancho de banda. Al escoger el mejor esquema de asignación, sin embargo, no es una tarea trivial. Si todos los usuarios forman parte del mismo dominio administrativo dicho a una red corporativa o de campus, tendría sentido la multiplexación estadística¹, que permitiría a los administradores de red conseguir más del ancho de banda disponible. Sin embargo, las redes de acceso de suscriptores no son LANs privadas y el objetivo asegura conformidad con acuerdos de nivel de servicio (SLA) para cada usuario final. Usando mecanismos de multiplexación estadística para brindar a cada usuario ancho de banda de mejor esfuerzo puede complicar la facturación y potencialmente contrarrestar el manejo de anchos de banda mayores al usuario. Los suscriptores pueden habituarse y esperar el rendimiento que se ofrece durante horas de poca actividad donde los *slots* de ancho de banda de mejor esfuerzo está disponible. Lo cual sería en las horas pico², los mismos usuarios percibirán el servicio como insatisfactorio, aun cuando es el que está garantizado por su SLA. Un algoritmo optimizado de asignación de ancho de banda finalmente dependerá del SLA futuro y el modelo de facturación usado por el proveedor de servicio. La tubería fija asume que cada usuario acordará y pagará por un ancho de banda fijo independiente de las condiciones de la red o aplicaciones usadas por la misma. Ya que el ancho de banda contratado debe estar disponible en cualquier momento, este modelo no soporta sobresuscripción. Los operadores de red no están deseosos por dar a los usuarios un ancho de banda de mejor esfuerzo adicional. No es fácil facturar y los usuarios no están dispuestos a pagar ya que dicha medición es rigurosa. Sin embargo, ha existido un cambio hacia un nuevo paradigma. Si las ofertas de ancho de banda son más económicas, los ingresos que los proveedores de servicio obtienen del tráfico de datos serán menores. Muchos portadores se quejan de esta situación, ya que éstos deben adecuar el incremento de tráfico en sus redes es decir, una continua mejora en sus redes por lo que aumentan sus gastos, y sus ingresos serán constantes o incluso decrecientes. En estos últimos años, se ha vuelto aparente que el ancho de banda no pueda generar suficiente ingreso.

1. La multiplexación en tiempo estadística proporciona un servicio generalmente más eficiente que la técnica TDM síncrona para el soporte a terminales. Las ranuras temporales en TDM estadística no están preasignadas a fuentes de datos concretas, sino que los datos de usuario se almacenan y transmiten tan rápido como es posible haciendo uso de las ranuras temporales disponibles.

2. Hora pico: Período continuo de una hora de duración comprendido enteramente en el intervalo de tiempo en cuestión, en que el volumen de tráfico o el número de tentativas de llamada son máximos.

El nuevo pensamiento entre operadores de telecomunicaciones demanda facturación basada en servicio, de acuerdo a la cual los usuarios pagan por los servicios que adquieren y no por el ancho de banda suministrado. En este modelo, los operadores de red están deseosos de emplear multiplexación estadística para ser capaz de soportar más servicios sobre la red.

1.5.2. La Seguridad de EPON

La seguridad en una red de comunicación es de gran importancia y la seguridad nunca ha sido una parte fuerte de las redes *Ethernet*. En *Ethernet* punto a punto *full dúplex*, la seguridad no es un asunto crítico ya que sólo existe comunicación entre dos estaciones, usando un canal privado. En *Ethernet half dúplex* compartido, las preocupaciones de seguridad son minimizadas porque los usuarios solo forman parte de un dominio administrativo y están sujetos al mismo conjunto de políticas. EPON tiene un conjunto diferente de requerimientos, en su mayor parte debido a su uso pretendido en ambientes de acceso del suscriptor. EPON presta servicios a pocas empresas cooperativas, usuarios privados, pero por otra parte, tiene un canal *downstream broadcasting*, potencialmente disponible para cualquier parte interesada capaz de manejar una estación final en modo inadecuada. Para asegurar la seguridad de EPON, los operadores de red deben ser capaces de garantizar privacidad al suscriptor, y deben proveer mecanismos para el control de acceso del suscriptor a la infraestructura. En un ambiente de acceso residencial, los usuarios individuales esperan que sus datos permanezcan privados. Para aplicaciones de acceso de negocios, este requerimiento es fundamental. Los dos problemas principales asociados con la falta de privacidad son susceptibilidad del suscriptor por ser escuchado indebidamente por sus vecinos un asunto del suscriptor, y la susceptibilidad para el robo de servicios un asunto del proveedor de servicios.

1.5.3. La Amenaza de Escucha Indebida

Una de las amenazas en las redes EPON es de escucha indebida es posible por la operación del ONU en modo promiscuo de manera inadecuada siendo expuesto a todo tráfico *downstream*, tal ONU puede escuchar tráfico pretendido por otros ONUs. La emulación punto a punto añade enlaces IDs (*Identifiers*) que permiten a un ONU reconocer tramas intencionadas para dicho ONU, y filtrar fuera el resto. Este mecanismo no ofrece la seguridad requerida, pues el ONU podría desactivar este filtrado, y monitorear todo el tráfico. La transmisión *upstream* en una EPON relativamente es más segura. Todo tráfico *upstream* es multiplexado, y es visible solo

para el OLT que se da debido a la directividad del combinador pasivo. Aunque, Las reflexiones podrían ocurrir en el combinador pasivo, enviando alguna señal *upstream* y de nuevo *downstream*, la transmisión *downstream* está en una longitud de onda diferente que las transmisiones *upstream*. El ONU es ciego al tráfico reflejado que no se procesó en el circuito de recepción. El tráfico *upstream* también puede ser interceptado en el divisor/combinador PON, conforme los divisores y combinadores en su mayoría son elaborados como dispositivos simétricos, por ejemplo, si bien un solo puerto del acoplador está conectado a un tronco de fibra, más puertos están disponibles. Un dispositivo sensible a longitudes de onda *upstream* puede ser conectado a longitudes de onda *downstream* similar a un puerto sin uso. Este dispositivo podría interceptar todas las comunicaciones *upstream*.

1.5.4. El Robo de Servicios

El robo de servicios se da cuando un suscriptor asume el rol de otro suscriptor vecino, y transmite tramas que no son facturadas de acuerdo a la cuenta del imitador. El OLT obtiene la identidad de suscriptor a través de un enlace ID insertado por cada ONU en los preámbulos de la trama. Este enlace ID puede ser falseado por el ONU maliciosa cuando transmita en la dirección *upstream*. Para poder transmitir en el *slot* de tiempo secuestrado, el imitador ONU también debería escuchar a escondidas para recibir mensajes *GATE* dirigidos a una víctima.

1.5.5. Alternativa como Solución la Encriptación

La solución que podría ser la encriptación de la transmisión *downstream* impide la amenaza de escucha indebida cuando la clave de encriptación no está compartida. Se crea un túnel punto a punto, lo cual permite comunicaciones privadas entre el OLT y los diferentes ONUs. La encriptación de la transmisión *upstream* impide la interceptación del tráfico *upstream* cuando se agrega al divisor PON un *Tap*. La encriptación también impide la personificación del ONU los datos de llegada desde el ONU deberían ser encriptados con una clave disponible para dicho ONU. La encriptación y desencriptación se pueden implementar en la capa física, la capa enlace de datos, o capas superiores. Implementar encriptación sobre la subcapa MAC encriptará sólo el *payload* de la trama MAC, y deja los *headers* en texto simple. En ese escenario, la transmisión MAC calculará la Secuencia de Comprobación de Trama (FCS) para encriptar el *payload*, y la recepción MAC verificará la integridad de la trama recibida antes de pasar el *payload* a una subcapa superior para la desencriptación. Este esquema

impide que ONUs maliciosas lean el *payload*, pero todavía pueden aprender otras direcciones MAC de los ONUs. La encriptación puede implementarse debajo de la MAC. La máquina de encriptación, encriptará el flujo total de bits, incluyendo los *headers* de la trama y la FCS. La recepción final, la desencriptación, desencriptará los datos antes de pasar por la MAC para su verificación. Dado que las claves de encriptación son distintas para ONUs diferentes, las tramas no destinadas a un ONU no son desencriptadas y por tanto serán rechazadas. Implementar una capa de encriptación debajo de la MAC parece ser un método confiable y más seguro.

1.5.5.1. Método de Encriptación

La transmisión *downstream* en una EPON es un canal de comunicación basado en tramas en las cuales cada trama se la direcciona a un destino diferente. Como cada trama es una pieza independiente de información, el método de encriptación no puede basarse en flujos. La solución más apropiada es una codificación basada en bloques que encripta cada trama separadamente. El enlace del campo ID localizado en cada preámbulo de la trama puede usarse para identificar un túnel entre el OLT y el ONU. Este *header* puede usarse también para soportar mecanismos de encriptación en la EPON. Con este propósito uno de los *bytes* de reserva en el *header* se emplea como índice de clave identificador clave figura 1.24. Basado en el valor de dicho campo es posible determinar si las tramas son encriptadas, y qué clave identificador fue usada. Cada ONU posee una clave que es válida para la sesión actual. El identificador clave pone referencias a las claves en el ONU. Este comportamiento permite disminuir la transmisión de una sesión válida a la siguiente, cuando nuevamente la sesión sea identificada por clave. Un identificador clave predeterminado es usado para enviar tramas no encriptadas.

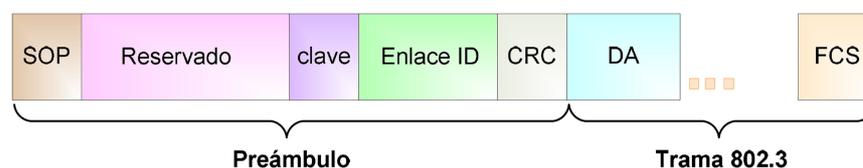


Figura 1.24 Preámbulo de la trama con enlaces ID acoplados y encriptación mediante índices de clave ^[1]

1. Figura 1.24. Preámbulo de la trama con enlaces ID acoplados y encriptación mediante índices de clave. KRAMER, Glen, *Ethernet Passive Optical Networks*, McGraw-Hill, United States of America, 2005.

Este mecanismo tiene incorporado expansión y diferentes índices de clave, los cuales pueden conducir a diferentes algoritmos de cifrado, y así permitir a los sistemas de acceso condicionales en la capa 2, eventuales implementaciones. La renovación del índice de clave periódicamente permite mantener seguridad en los túneles establecidos continuamente. Como el cifrado del bloque usa tamaños fijos de bloques, y las tramas *Ethernet* son de longitud variable, el límite del bloque puede ser diferente para el límite del paquete, y el último bloque será rellenado para alcanzar el tamaño de bloque requerido. Como el rellenar ceros es una debilidad potencial en la encriptación, se usa un método alternativo en el cuál los últimos n bits ($n < 128$) pasan por una XOR con el resultado de una segunda iteración cifrada del penúltimo bloque. El algoritmo estándar de encriptación avanzado (AES), originalmente diseñado para reemplazar el envejecido estándar de encriptación de datos (DES), es considerado para PONs *Ethernet*. Este algoritmo permite el uso de claves de 128 bits, 192 bits o 256 bits.

1.5.6. Calidad de Servicio

Para poder brindar una calidad de servicio EPON ofrece muchas ventajas en cuanto a costos posibilitando al proveedor de servicios obtener beneficios sobre una plataforma altamente económica. Las capacidades de *Ethernet* para asegurar voz en tiempo real y servicio de video sobre IP, sobre una simple plataforma no tienen la misma calidad de servicio y facilidad de administración como ATM o SONET. En el ANEXO 1.1 se presenta una tabla con las características de comparación entre servicios ATM y SDH y EPON. Implementando métodos de diferenciación de servicios *DiffServ*¹ y 802.1P, los cuales priorizan el tráfico para diferentes niveles de servicios. Utilizando una técnica de tipo de tráfico denominada campo TOS² (*Type of Service*), la cual provee 8 capas de priorización³ que aseguran que los paquetes viajan en orden de importancia. Otra técnica, llamada de reserva de ancho de banda, provee una vía rápida abierta que garantiza el tráfico POTS que no tiene que contender con los datos. En cada caso, EPONs es diseñado para entregar servicios y objetivos comparables usando tecnologías IP y *Ethernet*. Algunas veces esto requiere desarrollar nuevas técnicas, las cuales no son adecuadas para reflejar compatibilidad con los estándares y características de ATM y SONET.

1. DiffServ, Differentiated Services: Un protocolo QoS (Quality of service, calidad de servicio) que prioriza paquetes provenientes del servicio de VoIP frente a los demás para asegurar una buena calidad de voz, aun cuando el tráfico de red es alto. Se puede profundizar en: <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3768/1/54630-1.pdf>.

2. Tipo de Servicio (TOS): Especifica como un protocolo de capa superior desea le sean enviados sus datagrama a través de la subred de comunicaciones.

3. Capas de priorización del campo TOS (Type of Service): 0-Mejor esfuerzo, 1-Background, 2-Repuesto, 3-Excelente esfuerzo, 4-Carga controlada, 5-Video, 6-Voz, 7-Control de red. Se puede profundizar en: la norma IEEE 802.1P.

Estas técnicas permiten a EPON transmitir información con la misma confiabilidad, seguridad y calidad de servicio (QoS) que las más caras soluciones SONET y ATM. Un sistema completo de redundancia que provee alta disponibilidad y soporte con protección para una arquitectura de anillo. Seguridad multicapa, que al igual que VLAN encierra un grupo de usuarios y da soporte VPN, IPsec¹ y *tunneling*.

1.6. REDES HFC

1.6.1. Descripción de la Red HFC

Red HFC o híbrida fibra-coaxial es denominada de esta forma porque está compuesta tanto de enlaces de Fibra Óptica como también de cable coaxial. Estas nacen en evolución a las antiguas redes CATV (televisión por cable). Su funcionamiento se basa en dividir las zonas de servicios en grupos de entre 500 a 2000 viviendas llamados nodos, la señal llega a cada nodo por cables de fibra y esta es repartida dentro de las zonas de servicio por cable coaxial. La estandarización de las redes HFC se ha hecho mediante el estándar DOCSIS, son las siglas de Especificación de Interfaz de Servicios de Datos Por Cable (*Data Over Cable Service Interface Specification*), es un estándar internacional, que define los requerimientos de la interfaz de soporte de comunicaciones y operaciones para los sistemas de datos por cable, lo cual permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema CATV sobre una infraestructura Híbrida-Fibra-Coaxial (HFC) existente.

1.6.2. Principios de Operación

La transmisión de datos en redes HFC se realiza a través de un medio de acceso compartido, en el que un grupo más o menos grande de usuarios comparte un ancho de banda generalmente grande, un canal de 6 MHz.

1.6.3. Arquitectura

La arquitectura de una red HFC está configurada en forma de anillos multipunto, con una red troncal de fibra óptica y una red de distribución de cable coaxial o puede ser también fibra óptica, la red de acometidas consta de cable coaxial que ingresa a cada usuario final, es una topología más lógica que física en la mayoría de los casos, permite que el sistema vaya creciendo progresivamente en función de la demanda de utilización del canal de retorno.

1. IPsec (abreviatura de Internet Protocol security) es un conjunto de protocolos cuya función es asegurar las comunicaciones sobre el Protocolo de Internet (IP) autenticando y/o cifrando cada paquete IP en un flujo de datos. IPsec también incluye protocolos para el establecimiento de claves de cifrado. Se puede profundizar en: <http://es.wikipedia.org/wiki/IPsec>.

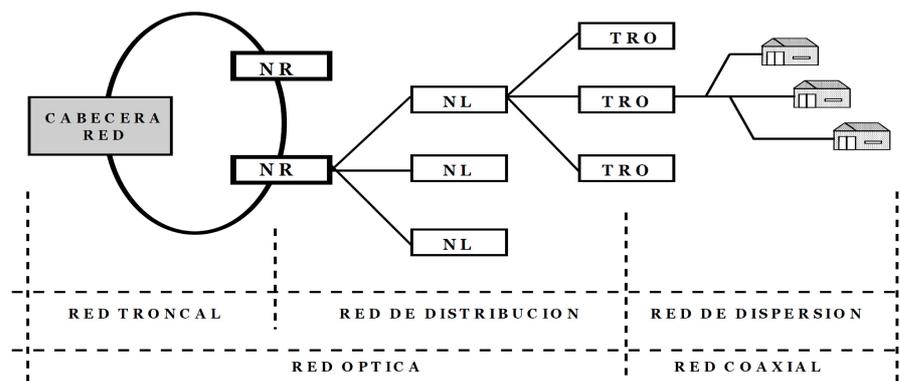


Figura 1.25. Arquitectura de una Red HFC ^[1]

La red troncal que nace desde la cabecera se encarga de alimentar a varios nodos de red (NRs), enlazados con ella, típicamente y por razones de seguridad la red troncal tiene un diseño en forma de anillo síncrono auto-restaurables. Los nodos de red incluyen normalmente amplificadores y divisores ópticos. Un nodo de red puede atender un gran número de hogares. Los nodos de red también pueden alimentar a nodos locales (NLs), elementos intermedios de red que se encargan de amplificar y distribuyen la señal. Un nodo híbrido de fibra y coaxial (HFC) es un dispositivo de campo de dos vías que convierte las frecuencias analógicas a señales digitales y viceversa. El nodo de fibra toma las frecuencias de radio en un cable coaxial transmitidas desde el cable-módem, las convierte en señales digitales, y luego transmite los datos a un cable de fibra óptica. Los usuarios se enlazan al nodo óptico de la red óptica a través de una red de tipo coaxial, con topología árbol-rama conocida como red de Dispersión. La red de distribución incluye un cable coaxial principal con múltiples ramificaciones, cada una de las cuales da servicio a los usuarios a través de nuevas ramificaciones.

1.6.4. Elementos del Sistema de CATV y Red HFC

1.6.4.1. HEADEND o Cabecera

Es el lugar donde se encuentran la mayor parte de equipos y además es donde se procesan todas las señales de televisión, Internet y telefonía es por ello que se le conoce también como nodo principal. En esta área se origina la señal que posteriormente reciben los clientes y es aquí donde se ejecutan las acciones como: recolección de datos, procesamiento, codificación, multiplexación, encriptación y transmisión.

1. Figura 1.25. Arquitectura de una Red HFC
http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/STEL/adjuntos/material_consulta/4_apuntes_sistemas_hfc.pdf

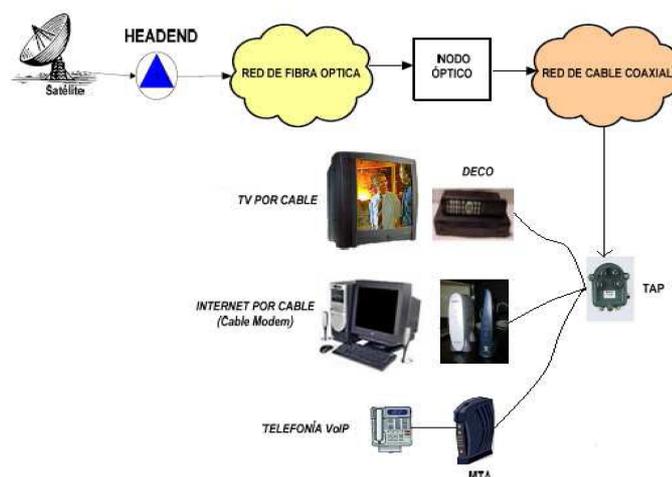


Figura 1.26. Esquema del sistema de CATV y red HFC^[1]

1.6.4.2. Fibra Óptica

Es el medio de transmisión utilizado para el transporte de la información, debido a sus grandes características, ya que permiten obtener mayores distancias con un gran ancho de banda en comparación al cobre. Esto se traduce en una menor atenuación y menos pérdidas que las señales eléctricas, debido a que se utilizan ondas de luz en lugar de señales eléctricas. La arquitectura de la red HFC que se emplea en nuestro medio es con fibra óptica monomodo que opera en la ventana de transmisión situada en 1200nm, 1310nm, 1490nm, 1550nm para la interconexión entre nodos ya que este tipo de fibra permite alcanzar distancias superiores a 10 Km.

1.6.4.3. Cable Coaxial

Es un medio de transmisión de señales en radiofrecuencia, compuesto de una envoltura plástica, una malla conductora, un material aislante y conductor central. Es apto para la transmisión de señales analógicas, sobre todo en aplicaciones de TV por cable.

1.6.4.4. Nodo Óptico

Es equipo electrónico que transforma la señal óptica en señal de radio frecuencia, para que pueda transmitirse por el cable coaxial.

1.6.4.5. Amplificadores de Radio Frecuencia

Elementos que recuperan el nivel de la señal a medida que ésta recorre largas distancias, es decir aumentan el nivel de señal de los sistemas de comunicaciones de radio o televisión.

1. Figura 1.26. Esquema del sistema de CATV y red HFC.
http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/STEL/adjuntos/material_consulta/4_apuntes_sistemas_hfc.pdf

Operan generalmente en un rango de frecuencias comprendidas entre los 100 KHz hasta 1 GHz. Estos dispositivos se usan en la red de acometida, que es la parte de la red que está formada por cable coaxial y que necesita amplificar la señal para compensar la atenuación del cable.

1.6.4.6. Tap

Elemento encargado de distribuir la señal proveniente de la red a 2, 4 u 8 clientes y que, al ser un elemento pasivo, no requiere energía eléctrica de forma directa para su funcionamiento.

1.6.4.7. Decodificador

Es el equipo encargado de decodificar la señal de TV, para que pueda ser visible en los televisores de todos los clientes del servicio de televisión pagada.

1.6.4.8. Cable Módem

Es el equipo de usuario final, que le permite poder acceder a Internet de altas velocidades a través de la red CATV. Para lograr los servicios de televisión por cable y cable módem para Internet, se realiza una segmentación el ancho de banda considerable que provee la red HFC, el mismo que se encuentra distribuido como indica en la siguiente tabla. En la transmisión, se puede alcanzar velocidades desde 27 Mbps hasta 38 Mbps en el *downstream* y desde 320 Kbps hasta 10 Mbps en el *upstream* .

SERVICIO	FECUENCIA	Ancho de Banda	TRASMISION	Modulación
Video	55,25 – 575 MHz	6 MHz/canal	Broadcast	VBS
Cable Modem	597 MHz	6 MHz	Upstream	QPSK
Cable Modem	31 MHz	6 MHz	Downstream	256QAM
PPV	8,9 MHz	6 MHz	Upstream	
PPV	106,5 MHz	6 MHz	Downstream	

Tabla 1.3. Distribución del Espectro en la red HFC

1.6.4.9. Red Troncal o de Transporte

Como Red Troncal se considera a aquella que conecta los nodos y de la cual se derivan hilos para atender a los diferentes sectores. Se utiliza cable de fibra 24 hilos para la red troncal. Hoy en día las empresa trabaja simultáneamente con ambas tecnologías, éstas se transmiten sobre un mismo medio físico (fibra óptica), logrando así, optimizar y

aprovechar recursos. De esta manera, proporcionan una mayor satisfacción a sus clientes por el servicio contratado. La red troncal suele presentar una estructura en forma de anillos redundantes de fibra óptica que une a un conjunto de nodos.

1.6.4.10. Red de Distribución

En los nodos ópticos las señales ópticas se convierten a señales eléctricas y se distribuyen a los hogares de los abonados a través de una estructura tipo bus de coaxial cada nodo tiene capacidad para alimentar a cientos de hogares, lo cual permite emplear cascadas de 2 ó 3 amplificadores de banda ancha como máximo. Con esto se consiguen unos buenos niveles de ruido y distorsión en el canal descendente desde la cabecera al abonado.

1.6.4.11. Red de Acometida

La red de acometida o conexión con el usuario es el último tramo del recorrido de las señales descendentes, desde la última derivación hasta la base de conexión de abonado.

1.6.4.12. Equipo Terminal

El equipo terminal del usuario se encuentra en la casa de cada uno y es donde se recibe y transmite la información del usuario en la red.

1.6.4.13. Equipos Relacionados con el Servicio de Distribución de Televisión

Los sistemas de cable están diseñados para que las emisiones de televisión analógica abierta puedan recibirse directamente por los receptores de TV estándar sin necesidad de ningún equipo de adaptación. Para la recepción de señales de televisión analógica codificada es necesaria la introducción de un equipo entre la toma coaxial y el receptor de TV.

1.6.4.14. Módems de Cable

La función de un módem de cable (CM) es convertir la red de cable CATV en una vía transparente para el transporte de datos a alta velocidad, ofreciendo hacia el usuario interfaces estándar, normalmente 10 Mbps. Los módems funcionan como pasarelas (*gateways*), pasando de un protocolo Ethernet al protocolo utilizado en la red de cable.

1.7. Esquema para Brindar Servicio de Internet Mediante Cable Coaxial

En la siguiente grafica se presentan de forma simplificada los elementos básicos que constituyen la cadena para brindar el servicio de Internet. El ISP o proveedor de internet el cual se integra al servicio de TV por cable situándose los equipos en la cabecera del operador. Se observa que por el mismo cable viajan juntas las señales de televisión, Internet y telefonía. Decodificándose cada una con un equipo de usuario.

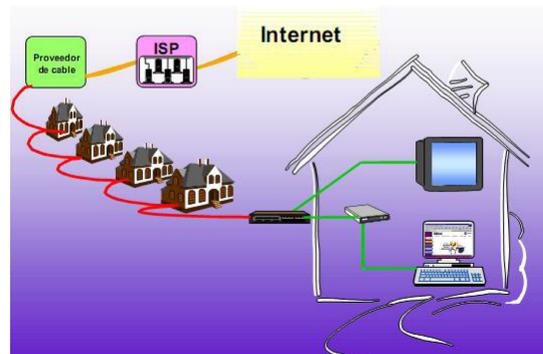


Figura 1.27. Esquema de servicios de internet por cable ^[1]

1.7.1. Canales de Trasmisión

En la red HFC se emplean dos tipos de canales para la transmisión y recepción de información. El canal *upstream* o canal de retorno y el canal *downstream* que se da en sentido de la cabecera hacia el usuario. Cada uno de estos canales ocupa un rango de frecuencias, el mismo que se muestra en la siguiente figura.

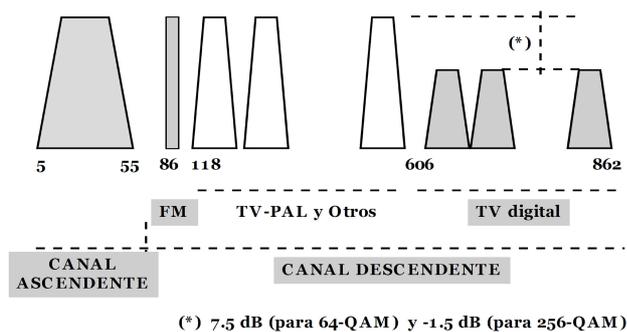


Figura 1.28. Distribución del espectro para redes HFC ^[2]

1.7.2. Canal de *upstream* o Canal de Retorno

El canal *upstream* es aquel que ocupa el espectro comprendido entre 5 y 55 MHz. Este ancho de banda lo comparten todos los hogares servidos por un nodo óptico.

1. Figura 1.27. Esquema de servicios de internet por cable.

http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/STEL/adjuntos/material_consulta/4_apuntes_sistemas_hfc.pdf

2. Figura 1.28. Distribución del espectro para redes

HFC. http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/STEL/adjuntos/material_consulta/4_apuntes_sistemas_hfc.pdf

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

1.7.3. Canal de *downstream*

Los canales *downstream* se ubican en el mismo rango de frecuencia que los canales de video, en la porción de espectro entre 86 y 862 MHz, en una banda que no esté ocupada por ninguna otra señal. Se establece cierta canalización para el canal descendente.

1.8. VENTAJAS y DESVENTAJAS de Las Redes HFC

1.8.1. Escalabilidad

La topología de las redes HFC permite la ampliación progresiva del sistema en función de la demanda de utilización del canal de retorno, la solución consiste en ir reduciendo el número de abonados que comparten cada canal de retorno a medida que crece el tráfico. Se puede partir de una situación inicial con 200 usuarios en la rama de cable coaxial. En caso de que aumente el volumen de tráfico en el canal de retorno, esta cantidad puede reducirse a 100 usuarios.

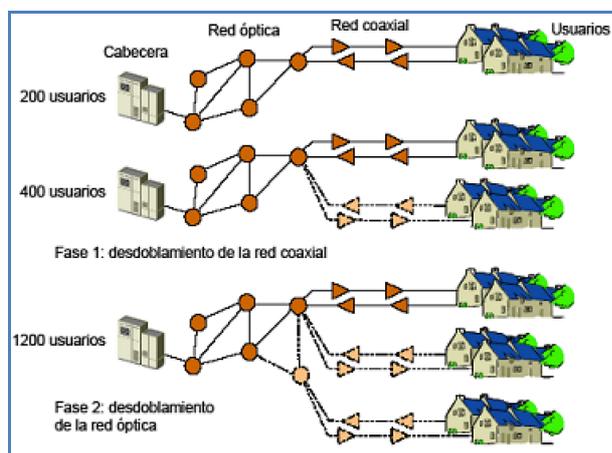


Figura 1.29. Escalabilidad de una red HFC ^[1]

Para efectuar esta reducción, es necesario ir aproximando cada vez más la fibra óptica hacia los usuarios, con lo que el tamaño del nodo óptico se reduce y, por tanto, el número de abonados que comparten cada canal de retorno, esto es posible gracias a que

1. Figura 1.29. Escalabilidad de una red HFC. http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/STEL/adjuntos/material_consulta/4_apuntes_sistemas_hfc.pdf.

en el despliegue de las ramas troncales se suelen emplear cables con múltiples fibras como cables de 24 ó 48 fibras, utilizándose inicialmente tan sólo dos una para cada sentido. En caso de requerir ampliar la capacidad del sistema o proporcionar accesos de abonado dedicados, la solución consiste en hacer uso de las fibras sobrantes. En la figura 1.29 se ilustra la aplicación práctica de los conceptos que se acaban de describir. Otra posible para aumentar el ancho de banda disponible para cada usuario sería llevar la fibra óptica hasta al hogar del abonado, a medida que la demanda de nuevos servicios multimedia como audio y video si así lo requiera.

1.8.2. Vulnerabilidades

Las fallas o bondades de seguridad que pueden ser encontradas en un sistema de Internet de banda ancha en una red HFC de cualquier operador en todo el mundo dependerán de los siguientes factores utilizados por el proveedor de servicios, los cuales son:

- El estándar DOCSIS utilizado.
- La marca del CMTS utilizado en la cabecera junto con sus respectivas opciones de seguridad y utilización de aplicaciones.
- Clonación De Cable-Modems: El cable-módem es el equipo fisco al cual el usuario tiene acceso y es mediante el que se conecta a la red HFC privada del proveedor de servicios de Internet. El principal motivo por el cual es posible la clonación de un cable-módem y la respectiva cuenta de usuario asignado al mismo es debido a la infraestructura de las redes HFC, estas se dividen en nodos o secciones lo cual tiene la ventaja de que si un nodo cae o sale de línea, sólo se verán afectados los usuarios conectados a ese nodo y el resto de usuarios conectados a los otros nodos no se verán afectados, además esto es necesario ya que debido al tamaño y cantidad de usuarios del servicio en una región determinada puede llegar a ser tan grande que el sistema se satura obligando a dividirse en secciones teniendo un CMTS por cada nodo. Este hecho es lo que permite a un usuario con un cable-módem conectarse a un nodo el cual se registra con su respectivo CMTS y a su vez al mismo tiempo con la misma dirección MAC o identificación de equipo, conectarse en otro nodo y registrarse con otro CMTS, lo que da a lugar a que la clonación sea efectiva o sea realizable con éxito. Por lo tanto la clonación de un cable-módem se basa en clonar la dirección MAC de un cable-módem en un nodo distinto al cual se piensa conectar permitiendo así el acceso al servicio a un usuario no autorizado.

1.8.3. Medidas de prevención

En lo que respecta a medidas preventivas, hay que tomar en cuenta que los ingenieros de redes HFC son los responsables de asegurar y mantener la red. Para este efecto, los ingenieros cuentan con dos herramientas indispensables a su disposición. Estas herramientas son el hardware de enrutamiento de banda ancha (CMTS) y los softwares de administración de red. Un ingeniero de red puede trabajar con estas herramientas sin necesidad de abandonar el equipo Terminal. Si un ingeniero debe salir a hacer trabajo de campo en el área del suscriptor, herramientas adicionales, como módems de diagnóstico seguros. Cuando se asegura una red, el ingeniero de red debe resolver adecuadamente todos los aspectos de la seguridad de banda ancha. Este proceso de asegurar una red HFC es muy consumidora de tiempo.

CAPITULO II

ESTUDIO y ANALISIS del SISTEMA EoC

2.1. INTRODUCCION

El proceso de desarrollo urbanístico de diversas zonas del país y los recursos de los clientes por la demanda de servicios. Tener usuarios en línea no sólo necesita un televisor que sería observación simple, la necesidad de una vida cultural más rica, como conexión básica a internet, video de dos vías de servicio a la carta, la televisión, ir de compras en línea, negocio, servicio telefónico visual. Frente a la fuerte demanda de los negocios del cliente, la red de cable toma medidas adecuadas para satisfacer necesidades. Las medidas para adaptarse al desarrollo social, y mejorar su propia competitividad. Para que la empresa sean más competitivas se opta por mejorar el servicio que brinda para lo cual se plantean estrategias de mejoramiento en la estructura de su sistema y tomando como referencia las soluciones que presenta el mercado de las telecomunicaciones como es FTTH ((*Fibre to the Home*) Fibra al Hogar), dirigido a viviendas multifamiliares, este sistema está ganando impulso en todo el mundo, fibra hasta la MDU ((*Multi-Dwelling Unit*) unidad de vivienda múltiple) representa una parte significativa en el mercado de las telecomunicaciones. FttM ((*Fibre to the MDU*) fibra hasta el MDU), especialmente en las ciudades que cada día son más pobladas, presentan oportunidades a los operadores de TV por cable para poder llegar a los usuario a través de este medio, proporcionando mayor ancho de banda y servicios adicionales como triple play. FttM requiere una inversión significativamente menor en comparación con el FTTH, mientras que la tasa de penetración de los servicios es mayor. La lucrativa oportunidad de desplegar FttM presenta el éxito de la elección de tecnologías y la arquitectura para ofrecer un sistema fiable de manera costo efectivo.

2.2. CONSIDERACIONES BASICAS

Un método lógico para conseguir la rentabilidad es utilizar la infraestructura existente, encontrar la manera de superar las limitaciones, proporcionar un mayor nivel de servicios que satisfaga las expectativas y necesidades de cada usuario. Ethernet PON, o EPON, es un estándar desarrollado por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, IEEE, bajo los auspicios de la subcomisión de 802.3, el grupo responsable

del estándar Ethernet. EPON se ha incorporado con el estándar de Ethernet que también se conoce como 802.3ah después de la designación del grupo de trabajo que desarrolló la norma, EFM (Ethernet en la primera milla). La tecnología IP sigue mejorando, la mayoría de los operadores tienen la tecnología IP en una red de datos. La perfecta integración de IP y Ethernet, es una excelente escalabilidad, cuenta con una gran cantidad de ventaja competitiva natural, lo que permite a la tecnología Ethernet proporcionar servicio de alta velocidad de internet, voz sobre IP y la industria del video servicio a un costo mucho más bajo. La tendencia general es el desarrollo en el alimentador de red de acceso de fibra óptica, para avanzar directamente al usuario, mientras que IP y Ethernet, sin embargo, combinado las ventajas que se vuelven más prominente, basado en Ethernet *Passive Optical Network* (EPON) que entró en vigor.

2.3. SISTEMA EoC

El cable coaxial es uno de los más probables sin nuevos hilos, y su capacidad es de gran ventaja ya que ha sido creado para transmitir señal de video con sus respectivas características de construcción frente a las señales perturbadoras que puede presentar en el medio en que se apliquen. Hay varios estándares que se utilizan hoy para Ethernet sobre cable coaxial (EoC). Tanto las normas como una cuestión práctica pueden entregar más de 100 Mb/s de rendimiento, aunque obviamente limitado a 100 Mb/s a través de cualquier conexión a un puerto Ethernet. Ambos tienen una hoja de ruta para un mayor ancho de banda en el futuro, y ambos pueden ser utilizados para la creación de redes en el hogar. El cable coaxial se ha instalado en la mayoría de los sectores del país, como edificios, viviendas múltiples a nivel mundial. En tales situaciones, EoC se considera una solución más robusta que ofrece la posibilidad de superar muchos de los problemas de ingreso y mantener el acuerdo de servicio, frente al incremento de la demanda de servicio de telecomunicaciones. En un intento por maximizar el uso de cable coaxial existente, una serie de normas se han definido para EoC. La razón para esta elección la tecnología EoC y no los sistemas DOCSIS muchos han sido desplegados en varias regiones, por lo que no hay conflictos con uso de la banda en baja frecuencia. Como EoC pueden ser más fuertes en bajas frecuencias. EoC nos presenta su flexibilidad para variar el símbolo y los tipos de modulación. Cuando el nivel de ruido aumenta y hace que aumente la tasa de error de bits, el sistema puede cambiar el esquema de modulación de portador de 32MHz solo 16 x 2 MHz. Esta adaptación permite que el sistema pueda hacer frente a con otro aumento de 12 dB en el ruido o el ingreso. Además de la tolerancia al ruido, la tecnología EoC está evolucionando y

promete un ancho de banda adecuado para los servicios de banda ancha. El rendimiento de EoC está mejorando con un promedio de alrededor del 85% de la velocidad máxima de PHY. En cuanto a la disponibilidad de componentes, que se relaciona directamente con el costo, hay una serie de soluciones de chipset disponibles en el mercado. Con el fin de proporcionar una alta velocidad para el acceso de datos y televisión en los últimos metros de acceso al cliente, se ha desarrollado un esquema de acceso compuesto de EPON y EoC. Con un nodo terminal de fibra hasta un determinado lugar en el sistema EPON, la técnica EoC se utiliza para implementar datos de banda ancha de acceso mediante la distribución a los hogares de la red a través de cable coaxial. El equipo terminal que consta del ONU y el EoC master que está diseñado en un esquema para que pueda recibir la señal óptica del OLT en la red EPON y transformarla en una señal de RF. Los usuarios finales recibirán la señal de RF desde el cable coaxial o una antena de RF. Este esquema es particularmente aplicable para el diseño de una red de fibra hasta la cuadra o fibra hasta un edificio. Hay muchas ventajas en este sistema, se puede proporcionar un ambiente confiable, de igual a igual malla completa conectividad de contenido digital entre los dispositivos que utilizan EoC como la red existente en el hogar el cable coaxial. Plug and play en la mayoría de los hogares sin necesidad de acceder o modificar divisores, o instalar nuevos cables se puede implementarse la tecnología EoC. Tiene mayor ancho de banda y una mejor gestión. Las evaluaciones del sistema EoC demuestran que para el cable coaxial y una red inalámbrica, los resultados experimentales dan a conocer que el rendimiento es extraordinario y que se acercan al rendimiento teórico de uno de los estándares de EoC como el MoCA y la velocidad de transmisión no tenía cambio notable cuando la antena de RF sustituye el cable coaxial. La aplicación del sistema EoC en la red incluye principalmente un dispositivo EoC maestro y el EoC esclavo. Normalmente, el dispositivo maestro se encuentra junto con el ONU y el dispositivo esclavo se encuentra instalado en la habitación del suscriptor. El dispositivo EoC maestro puede acceder a los dispositivos esclavos dependiendo de los estándares y sus especificaciones técnicas. EoC maestro, tiene puertos de entrada de televisión por cable, puertos de enlace ascendente de datos Ethernet (RJ45) también puede poseer varios puertos de salida coaxial con la señal de televisión y la señal de datos Ethernet. La ubicación de un EoC maestro y esclavo se presenta en el siguiente gráfico con una arquitectura típica de red de cable coaxial brindando servicio de televisión e internet a varios usuarios a través del sistema EoC.

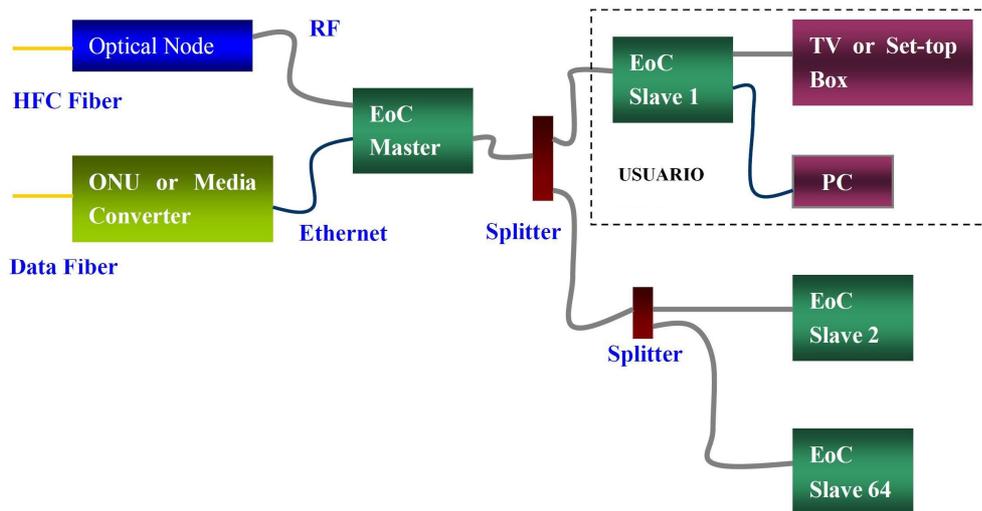


Fig. 2.1. Esquema del EoC master y EoC esclavo en la red. ^[1]

El dispositivo EoC esclavo, que cuenta con el ingreso de la señal de radiofrecuencia a través de un cable coaxial, y posee salidas de señal de televisión y datos Ethernet, entrada de datos híbrido, y cuenta con un puerto de salida de televisión por cable y un puerto Ethernet RJ45 para acceso de datos.

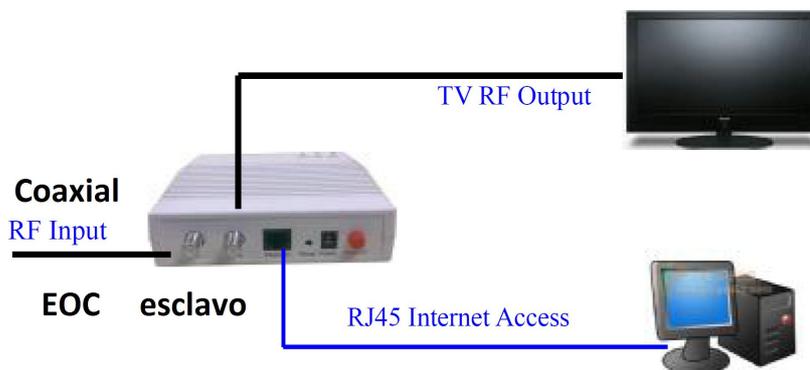


Fig. 2.2. EoC esclavo en la red. ^[2]

2.3.1. Estándares de EoC

Para las tecnologías de modulación, hay varios estándares de EoC como se muestra en la tabla 2.1. MoCA es una tecnología de red doméstica desarrollada principalmente por las compañías de cable para ofrecer alta velocidad de contenido multimedia a través del cable coaxial, con el objetivo de reutilizar coaxial existente de infraestructura dentro de la casa.

1. Figura 2.1. Esquema del EoC master y EoC esclavo en la red. GRRANTTWAVE, *GrranttWave GEPON+EoC Prroduccit & Solluttiion*, Shenzhen City, China, 2011, http://www.grantwave.com.cn/GrantWave_GEPON+EoC_Product&Solution%202011.v1.0.pdf
 2. Figura 2.2. EoC esclavo en la red. GRRANTTWAVE, *GrranttWave GEPON+EoC Prroduccit & Solluttiion*, Shenzhen City, China, 2011, http://www.grantwave.com.cn/GrantWave_GEPON+EoC_Product&Solution%202011.v1.0.pdf

HomePlug AV es una tecnología de comunicación desarrollada por la red eléctrica *Powerline Alliance* con el objetivo de distribuir contenido de alta calidad multimedia dentro del hogar. El HomePNA es una organización incorporada sin fines de lucro, que desarrolla el estándar para asociación de industrias y empresas que estandariza la tecnología de redes para el hogar que poseen cable coaxial y alambres de teléfono. Wi-Fi permite a las redes de área local (LAN) que deben implementarse sin necesidad de cables al cliente, para la reducción de los costes de despliegue de la red y la expansión. Espacios donde los cables no se pueden ejecutar, tales como las áreas al aire libre y edificios históricos, en donde se pueden alojar redes LAN inalámbricas.

Nombre de la Tecnología	MOCA	HomePNA	HomePlug	Lower Frequency Wifi
Estándar	MOCA 1.0	HPNA 3.1	HomePlug AV	IEEE 802.11 g/n
Comunicación	Half duplex	Half duplex	Half duplex	Half dúplex
Modulación	OFDM, adaptive m-QAM	OFDM, adaptive m-QAM	OFDM, adaptive m-QAM	OFDM, BPSK, QPSK, QAM
Bandas de trasmisión	800 a 1500 MHz	4 a 28 MHz	2 a 30 MHz	800 a 1500 MHz
Canal ancho de banda	50 MHz	24 MHz	28 MHz	20/40 MHz
Canales disponible	29	1	1	13
Tasa de la capa física	270M shared	320M shared	200M shared	54/108M shared
Tasa de la capa MAC	135M shared	160M shared	100M shared	25M shared
Protocolo de capa MAC	CSMA/CA TDMA	CSMA/CA	CSMA/CA TDMA	CSMA/CA
Capacidad de usuarios	63	63	16 o 32	32
Distancia de transmisión	600m	300m	300m	1km
Qos	802.1D	HPNA 3RQoS+GQoS	Qos mapped to 802.1d Annex H.2	WiFi WME
Retardo	<5ms	<30ms	<30ms	<30ms

Tabla 2.1. Estándares de EoC^[1]

La tabla 2.1, presenta los estándares de EoC más comercializado en el mercado, con sus características, ventajas y desventajas.

1. Tabla 2.1. Estándares de EoC. HUANG, Jing, LIU, Deming, WU, Guangsheng. *Design and Implementation of the Broadband Network Access System over MoCA*, School of Optoelectronics Science and Engineering of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, China.2009.

En el transcurso de los últimos años se ha desarrollado nuevos estándares como G.hn, es aceptada por la industria, impulsará el PHY tasa de 1 Gigabit/s.

2.3.2. Estructura del Sistema

El sistema de red multimedia con acceso a los servicios se representa en la figura 2.3, demuestra que una sola fibra se ejecuta procedente de la cabecera (Head End) de televisión por cable hacia unidad de vivienda múltiple o MDU a través de red de distribución óptica (ODN), un divisor pasivo de 1x8, 1x16, 1x32 divide la señal óptica a 32 MDU diferentes. Prácticamente todas las tecnologías PON se basan en algún tipo de WDM (*Wavelength Division Multiplexing*(multiplexación por división de longitud de onda)) para permitir comunicaciones bidireccionales. La comunicación ascendente de servicios de datos se ejecuta en la longitud de onda de 1310nm de señal óptica, mientras que el tráfico de descarga funciona a 1490nm. Una tercera longitud de onda a 1550nm se utiliza para el vídeo.

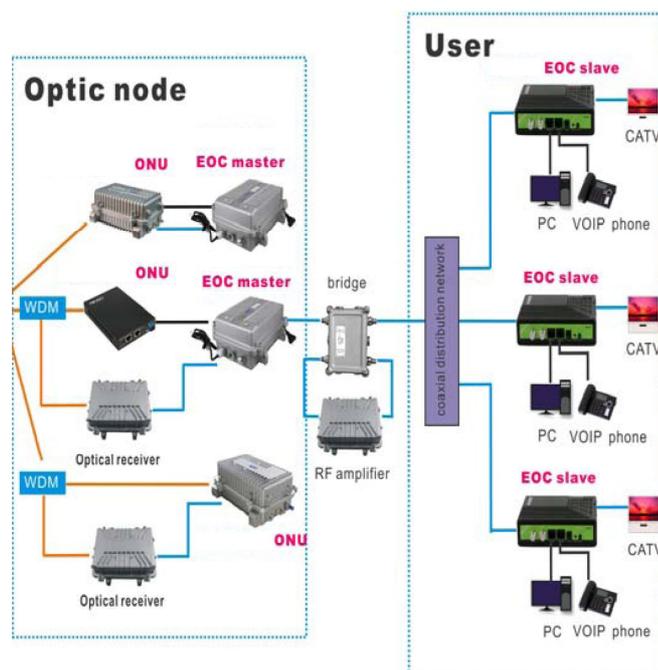


Figura. 2.3. Estructura del sistema de acceso a la red multimedia.^[1]

Todos los suscriptores en el uso MDU las mismas longitudes de onda comunes lo que significa que tienen que compartir la infraestructura de fibra, que se realiza a través del tiempo multiplexación por división de tiempo (TDM).

1. Figura 2.3. Estructura del sistema de acceso a la red multimedia. HiOSO, Shenzhen HiOSO Technology Co., Ltd. "HiOSO EPON EOC System". 2011. www.hioso.com | www.haishuo.com

El sistema que presenta en la figura 2.3 es la transformación de la red bidireccional basado en la red HFC. Como la estructura de la red EPON es similar a la estructura de la red HFC, sin necesidad de grandes cambios en la red HFC. Para acceder a los usuarios de la red en cada casa se adopta la tecnología de EoC para poner en práctica la última milla de acceso con cable coaxial. El EoC maestro que se encuentra en el nodo óptico y que se encarga de integrar la señal de televisión por cable y la señal de IP de datos Ethernet, y posteriormente se transmite al EoC esclavo a través de la red de distribución de cable coaxial. El EoC esclavo disperse la señal de televisión por cable y señal de Ethernet a través de sus puertos de salida. El EoC esclavo ofrece puertos de salida de cable para la televisión por cable y puertos de salida para Internet y VOIP con distancias de varios metros de longitud de alcance dependiendo del estándar utilizado.

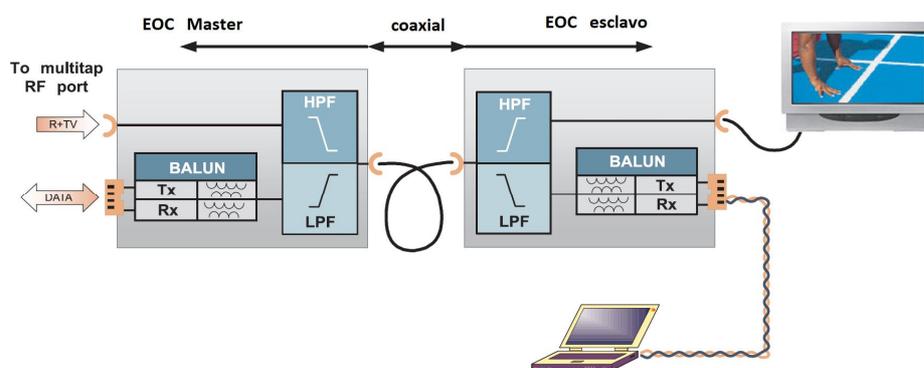


Figura. 2.4. Capa física total de EoC. ^[1]

El total de la capa física del EoC se muestra en la figura 2.4. El combinador de la casa va a ser incorporar en sistema de EoC esclavo. El combinador en el otro extremo del cable está construido con pulsaciones con el puerto conectado a HPF la parte de la RF de múltiples pulsaciones y LPF puerto conectado a la generación de Ethernet. Puesto que el BALUN también combina ambos TX y RX de las señales Ethernet, la inserción teórica de la pérdida sería de 3 dB dando una inserción total pérdida de 6 dB, hay dos combinadores en cascada. Ahora resulta claro por la pérdida de inserción es un parámetro importante en el diseño de los filtros y diplex aislador. El sistema está diseñado para operar a una distancia de al menos 100 metros de cable coaxial pero para CAT-5 en la casa tiene que ser tomado en cuenta también.

1. Figura 2.4. Capa física total de EoC. TELESTE CORPORATION, *Ethernet to the Home, A revolutionary technology for high speed data access over cable*, TURKU, Finland, 2010. www.teleste.com.

La suma de todos los componentes de este significaría la presentación pérdida de inserción sería incómodamente en el presupuesto del enlace máximo. Esto ha sido resuelto mediante un innovador BALUN diseño en el combinador de varias pulsaciones.

2.3.3. Tecnología MoCA

El objetivo de la Alianza MoCA es facilitar redes para el hogar por medio de cable coaxial existente en la banda de microondas de 1 GHz utilizando la modulación OFDM. Este cable puede ser utilizado para las conexiones de datos a los televisores, set top boxes y otros dispositivos de entretenimiento sin la necesidad de nuevas conexiones. La tecnología que subyace a MoCA proporciona los elementos necesarios en el uso de este cable para distribuir contenido de alta calidad multimedia y datos a alta velocidad con un rendimiento superior 100 Mbit/s.

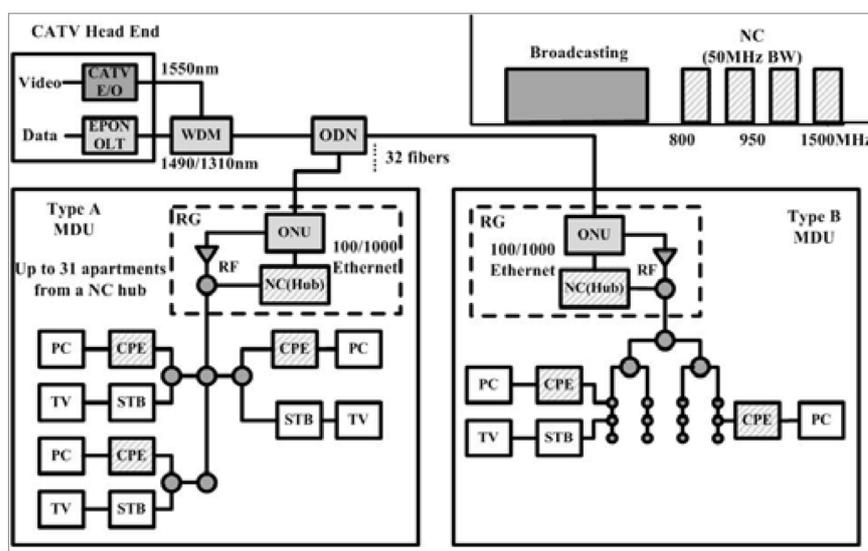


Figura. 2.5. Estructura del estándar MoCA. ^[1]

En la unidad de vivienda múltiple (MDU), RG es un canal de los cuatro que posee el EoC el cual se puede configurar de manera flexible de acuerdo con el requisito de la aplicación práctica. El canal de una sola puerta de enlace puede proporcionar el rendimiento de datos Ethernet de hasta más de 270 Mbps y soporta hasta 31 usuarios, basados en las características técnicas del equipo que se estén utilizando para EoC como MoCA.

1. Figura 2.5. Estructura del estándar MoCA. ZHOU, Shujia, SONG, Yingxiang, LIN, Rujian, *FTTB Multimedia Access Solution Based on MoCA Technology*, Shanghai University, Shanghai, China, 2011.

Si utilizan todos estos canales, es capaz de proporcionar servicios a 124 abonados y la tasa total de los datos será mayor a 1 Gbps. Los datos del ONU (*Optical Network Unit*) de la red EPON son de tipo de banda de base, que se transfiere a la señal de RF por Modulación OFDM en el coordinador de la red (NC) y a una parte de RG. Las señales de salida del coordinador de red (NC) operan en frecuencias de radio de 800 a 1500MHz, cumpliendo con la especificación del estándar de MoCA1.0 los datos y la señal de vídeo de RG es separada por un filtro, que se muestra en la figura 2.6. Además, la señal de vídeo es transmitida de RG a STB (set-top box), mientras que la señal de datos es transmisión de RG de CPE (*Customer Premises Equipment*(equipo Local del Cliente)) y demodulada en el dispositivo que es el equipo local del cliente (CPE).

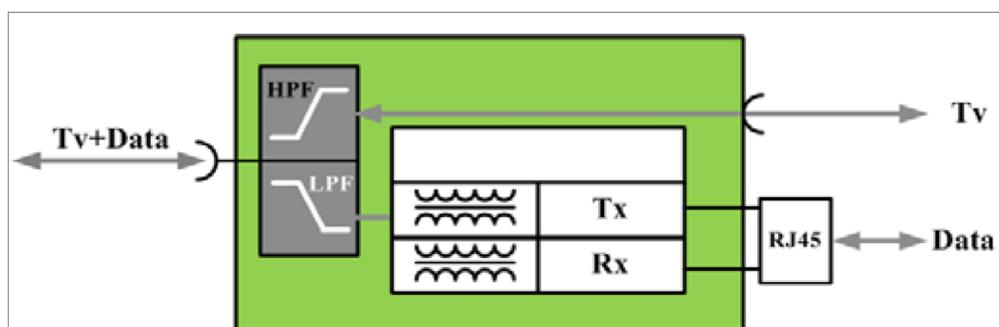


Figura 2.6. Los datos y señal de vídeo separadas por el filtro dúplex^[1]

2.3.4. Características de la capa PHY de MoCA

- 50 MHz de ancho de banda del canal MoCA.
- 224 subportadoras OFDM señal donde cada subportadora puede ser modulada BPSK a partir de 256 QAM.
- Canales MoCA se encuentran en diferentes bandas de frecuencia entre 875 MHz a 1500 MHz.
- Transmisiones robustas capa física sobre cable coaxial.
- PHY velocidad de datos en una red de dos nodos MoCA > 250 Mb/s.

1. Figura 2.6. Los datos y señal de vídeo separadas por el filtro dúplex. ZHOU, Shujia, SONG, Yingxiong, LIN, Rujian, *FTTB Multimedia Access Solution Based on MoCA Technology*, Shanghai University, Shanghai, China, 2011.

2.3.5. Características de la capa MAC de MoCA

- Arquitectura de red distribuida con TDMA basado en el acceso previsto.
- MoCA red de comunicaciones de apoyo de 2 a 8 nodos.
- Cualquier nodo MoCA puede convertirse en un coordinador de la red del nodo.
- Funcionamiento de la red robusta, cada nodo actualiza periódicamente sus niveles de potencia de transmisión y los perfiles de PHY que utilizan enlace mantenimiento de la operación.

2.4. Arquitectura del sistema EPON + MoCA

La arquitectura del sistema de EPON + MoCA se muestra en la figura 2.7. El sistema consta de tres partes: el sistema de transmisión de televisión por cable, sistema de EPON, y los dispositivos de MoCA. Para llegar a los usuarios la señal de CATV y datos IP, se mezclan en un cable coaxial. Entonces la señal mezclada se transmite a todos los usuarios. El usuario final recibe la señal y con el CPE (*Customer Premise Equipment*(equipo local del cliente)) separa la señal de CATV y los datos IP.

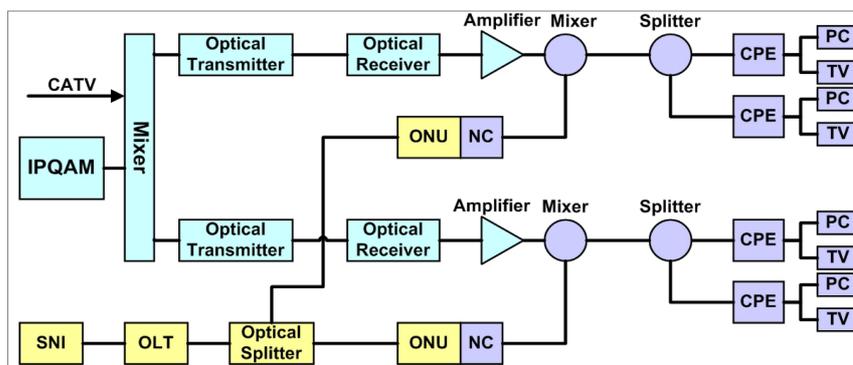


Figura 2.7. La topología de un sistema de EPON + MoCA ^[1]

En Moca el sistema consta de un coordinadora de la red (NC) es el equipo de oficina central que se instaló en el lugar de distribución junto al ONU, es el punto de distribución del EoC maestro. El ONU y NC se encuentra en la placa de circuito en nuestro esquema. La estructura de NC se muestra en la figura 2.8.

1. Figura 2.7. La topología de un sistema de EPON + MoCA. HUANG, Jing, LIU, Deming, WU, Guangsheng. *Design and Implementation of the Broadband Network Access System over MoCA*, School of Optoelectronics Science and Engineering of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, China.2009.

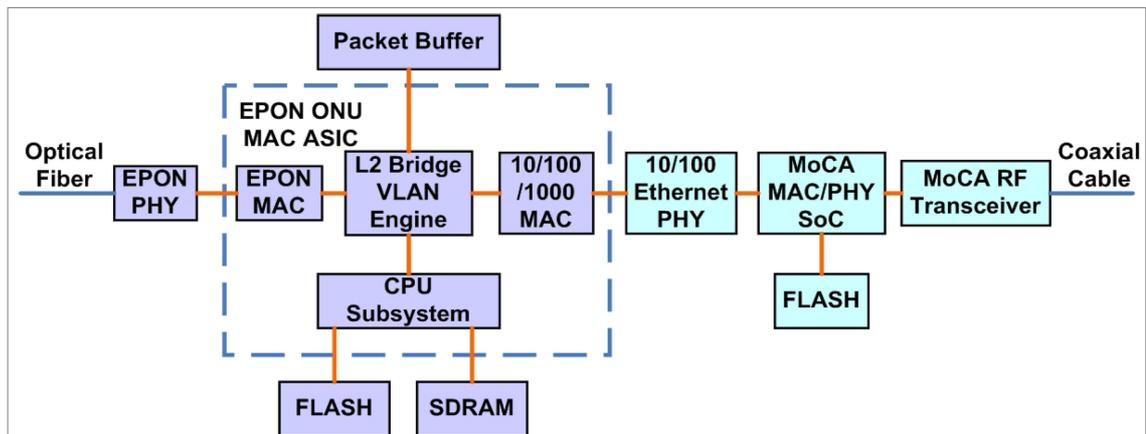


Figura 2.8. Diagrama de bloques del coordinador de red (NC).^[1]

El chip MAC ONU proporciona la funcionalidad básica de unidad de 802.3ah EPON compatible con la red óptica (ONU). En el lado de la red, que proporciona una interfaz programable para el transceptor óptico. Por parte del usuario, proporciona una interfaz flexible GMII/MII/TBI que es compatible con cualquier tipo de conexión Ethernet, hasta GbE de velocidad. El paquete integrado de unidad de clasificación y el buffer de paquetes el cual se convierte en un motor de apoyo a todas las funciones de red necesario en un ONU EPON. El MoCA MAC/PHY EoC implementa una capa estándar de física y de la arquitectura MAC que soporta a 100 Mbps velocidad de datos a través de una red coaxial seguro utilizando un esquema de modulación único que ofrece acceso de banda ancha a la casa o apartamento y los puentes a los últimos 600 metros desde el nodo de fibra a la casa o apartamento utilizando el cableado coaxial existente. El chip, en combinación con el transceptor de RF MoCA, se utiliza en dispositivos en el punto de entrada a múltiples viviendas a ofrecer 100 Mbps de datos de banda ancha de hasta 31 unidades de cliente de un controlador de red. En este sistema, PC 1 actúa como interfaz de red de servicio, PC 2 y PC 3 actúan como el extremo usuarios. En la figura 2.9, el coordinador de red (NC) y el equipo local del cliente (CPE) están conectados por un cable coaxial, que se utiliza generalmente en el sistema MoCA.

1. Figura 2.8. Diagrama de bloques del coordinador de red (NC). HUANG, Jing, LIU, Deming, WU, Guangsheng. *Design and Implementation of the Broadband Network Access System over MoCA*, School of Optoelectronics Science and Engineering of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, China.2009.

En la figura 2.10, el cable coaxial se sustituye por antenas para verificar la posibilidad de la transmisión por radio.

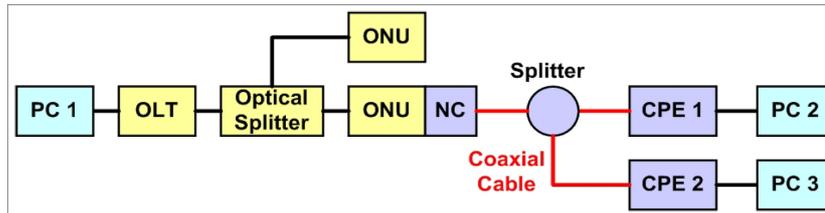


Figura 2.9. La transmisión en el cable coaxial^[1]

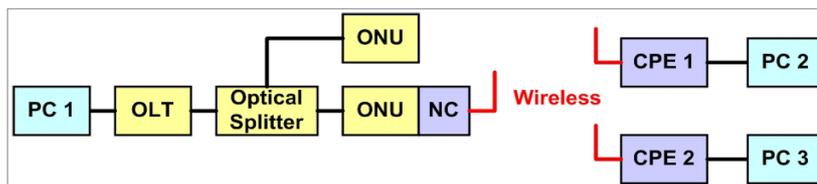


Figura 2.10. Transmisión por radio^[2]

2.5. Estándar HomePNA

La alianza HomePNA antes de la línea telefónica *Home Networking Alliance*, también conocido como HPNA es una organización incorporada sin fines de lucro, asociación de la industria de empresas que desarrolla y estandariza la tecnología de redes para el hogar a través de los cables coaxiales existentes y el cableado de teléfono dentro de los hogares. HomePNA no fabrica los productos, aunque sus miembros lo hacen. Desarrolla la tecnología y la pone a prueba en periodos. Los productos que pasan las pruebas de certificación se enumeran en la página miembro de la alianza de los productos, con certificado HomePNA. La tecnología básica que fue adoptada por HomePNA fue desarrollado por varias compañías. El original de la tecnología HomePNA 1.0 fue desarrollado por *Tut Systems*, HomePNA 2.0 fue desarrollado por el epigrama, HomePNA 3.0 fue desarrollado por *Broadcom*. Y HomePNA 3.1 fue desarrollado por *Comunicaciones CopperGate*.

1. Figura 2.9. La transmisión en el cable coaxial. HUANG, Jing, LIU, Deming, WU, Guangsheng. *Design and Implementation of the Broadband Network Access System over MoCA*, School of Optoelectronics Science and Engineering of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, China.2009.
 2. Figura 2.10. Transmisión por radio. HUANG, Jing, LIU, Deming, WU, Guangsheng. *Design and Implementation of the Broadband Network Access System over MoCA*, School of Optoelectronics Science and Engineering of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, China.2009.

- HomePNA 2.0 fue aprobada por la UIT como recomendaciones G.9951, G.9952 y G.9953.
- HomePNA 3.0 fue aprobada por la UIT en la Recomendación G.9954 en febrero de 2005.
- HomePNA 3.1 fue aprobada por la UIT en la Recomendación G.9954 en enero de 2007.

HomePNA 3.1 fue desarrollado para aplicaciones de entretenimiento tales como IPTV, que requieren alto rendimiento consistente. Esta tecnología, que ofrece funciones como la garantía de calidad de servicio (QoS), es utilizado por los proveedores de servicios con fines comerciales *triple play* (video, voz y datos) las ofertas de servicios. HomePNA 3.1 utiliza las frecuencias por encima de los utilizados para línea digital de abonado y la voz analógica llamadas a través de cables de teléfono y por debajo de los utilizados para la difusión y emisión directa por satélite (DBS) televisión a través de cable coaxial por lo que puede coexistir con los servicios en los mismos cables.

2.5.1. Características de HomePNA

- Adopta HomePNA3.1 (UIT-T G.9954) el uso para redes HFC frecuencia de 32 MHz a 64 MHz desarrollo de acceso a datos.
- Adoptar la modulación FDQAM, ajuste 2-16 ondas portadora diferente en el eje de la frecuencia, transmisión al mismo tiempo. Tiene una mayor capacidad de anti interfaz que el tradicional método de modulación QAM, sino que gana una alta eficiencia espectral.
- Actualización de la banda de transmisión de 32MHz a 64MHz, evita el ruido de altas frecuencias, alta adaptabilidad.
- La capa física del EoC maestro puede llegar a 224Mbps, ancho de banda MAC puede llegar a 144 Mbps, el ancho de banda de frecuencia puede ser expandido y apoyar mayor modulación, el ancho de banda de la capa física puede llegar a 560 Mbps.
- Con normas de al UIT internacional, tiempo de retardo y el *jitter* pequeño retraso, proporcionar una mejor servicio en voz y video.

- En la actualidad se utiliza en redes HFC con distribución de televisión a través de coaxial en interiores, sin necesidad de construir nuevas redes de cableado interior.
- Un EoC maestro puede llevar a 61 suscriptores.
- Cadena de 70 dB Rango de pérdida de la cabecera a la terminal. Amplia gama de aplicaciones dinámicas que pueden adaptarse a las redes de calidad, la distancia de transmisión máxima es de 1400 metros, puede realizar desde el nodo la forma de transmisión óptica a la terminal de usuario, fácil reconstrucción.
- La evaluación de la calidad de línea, el diagnóstico de línea, actualización remota, etc. Apoyo Telnet, Web, SNMP, MIB.

2.6. Estándar HomePlug AV

Algunas especificaciones HomePlug objetivo aplicaciones de banda ancha tales como la distribución en el hogar de la baja velocidad de datos de IPTV, juegos y contenido de internet, mientras que otros se centran en baja potencia, y las temperaturas de funcionamiento extendidos para aplicaciones tales como medidores de potencia inteligentes y en el hogar las comunicaciones entre los sistemas eléctricos y electrodomésticos. Todas las especificaciones HomePlug fueron desarrolladas por la HomePlug Powerline Alliance, que también posee la marca registrada de HomePlug.

2.6.1. Características de HomePlug AV

- Adoptar el estándar HomePlug AV (*HomePlug Powerline Alliance*), la frecuencia de utilización de HFC 7.5MHz a 30MHz para desarrollar el acceso a datos.
- Adoptar OFDM, altamente anti interfaz de la capacidad, la necesidad de unos pocos para la plataforma de transmisión y un funcionamiento estable.
- La capa física EoC maestro puede llegar a 230 Mbps, ancho de banda MAC es más de 100 Mbps, y se puede ampliar a 65 MHz, apoyar una mayor modulación, la capa física ancho de banda puede llegar a 460Mbps.
- El uso actual en redes HFC y de interior cable coaxial para TV, sin necesidad de construir una red nueva y utilizando el cableado interior.
- Cadena de 90 dB Rango de pérdida de la sub-cabecera de la terminal. Amplia aplicación dinámica que puede adaptarse a las redes de diferentes calidades, la distancia de transmisión máxima es de 1800 metros, puede realizar el nodo de la forma de transmisión óptica a la terminal de usuario, fácil de reconstrucción.

- La evaluación de la calidad de línea, el diagnóstico de línea, actualización remota, etc. Apoyo Telnet, Web, SNMP, MIB estándar.

2.7. SISTEMA EPON + EOC

El modo de acceso de EPON (Ethernet *Passive Optical Network*) + EoC (Ethernet sobre cable coaxial) es cada vez más amplia utilizado en la reforma de dos vías, de las redes de televisión con el desarrollo y la aplicación de EPON. En comparación con el modo de EPON + LAN, EPON + el modo de EoC es más adecuado para la red HFC. A medida que la topología de EPON es similar a la de red HFC, el acceso a los últimos metros del abonado basadas en el cable coaxial es la mejor elección de los usuarios de CATV. Existen muchos esquemas de técnicas relacionadas con EoC, además de banda base pasiva EoC, la mayoría son basados en técnicas de modulación de cada estándar que presenta EoC como por ejemplo, Moca, HomePNA, HomePlug, de baja frecuencia de la red WLAN, etc. En la figura 2.11, se puede apreciar que se transmiten datos digitales y señales analógicas, los dos tipos de información a transmitirse deben ser tratados con diferente longitud de onda para que puedan ser reconocidas por el divisor óptico y entregar al usuario solamente los datos que requiere. Así pues, la señal analógica, previo a su transporte por la ODN, debe ser convertida a la forma óptica. Sobre un mismo enlace de fibra se transporta toda la información, ya sea ésta datos o vídeo, diferenciados únicamente por la longitud de onda utilizando un multiplexor por división de longitud de onda (WDM). Los datos en el enlace descendente son transmitidos en 1490 nm y los datos en el enlace ascendente a 1310 nm. La información de video en 1550 nm es combinada con los dos sentidos de la transmisión de datos en 1490/1310 nm en un multiplexor WDM. Típicamente las redes PON utilizan divisores ópticos de 32 vías para servir a 32 ONUs. La localización de la división de la señal no tiene importancia, lo que realmente importa es asegurar que la distancia total entre la oficina central y el usuario esté dentro de la limitación del hardware, usualmente 10 – 20 Km. En el ONU un demultiplexor por división de longitud de onda (WDM) realiza el trabajo contrario al hecho en la oficina central o la cabecera de TV por cable, separando la señal óptica a 1550 nm de los otros tipos de datos para ser enviado a un receptor analógico, mientras que los datos son enviados a un transceptor que interpreta el protocolo PON escogido. Generalmente, los datos son presentados en interfaces *fast ethernet* y la voz en una interfaz telefónica analógica convencional.

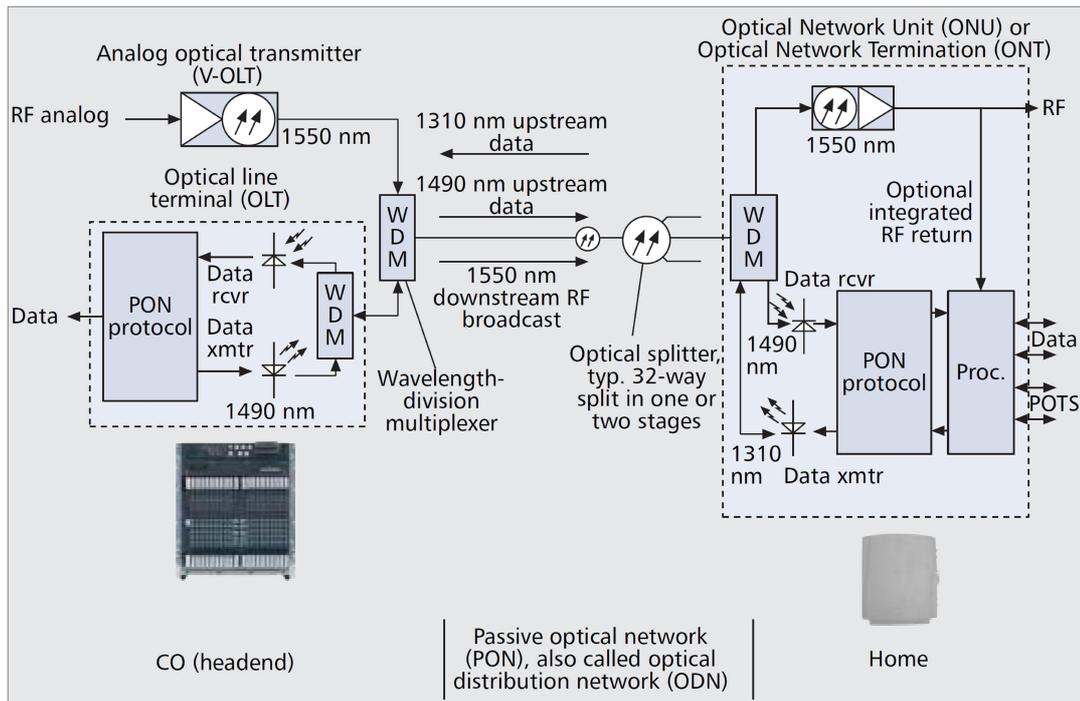


Figura 2.11. Esquema de la tecnología PON para servicio de televisión y datos^[1]

PON (red óptica pasiva) es una tecnología rápidamente emergente para la aplicación de acceso a banda ancha. La ventaja de PON el uso de P2MP (punto a multi-punto), la arquitectura que presenta nos ofrece la ventaja que minimiza el número de cables de fibra óptica necesaria entre la cabecera y las instalaciones del cliente. La arquitectura de la red PON + EoC, como su nombre lo indica, es un híbrido de PON (red óptica pasiva) y la tecnología EoC (Ethernet sobre cable coaxial). El PON es responsable de entregar el tráfico de la cabecera hasta la ubicación del ONU que se encontrara e u punto determinado de la unidad de vivienda múltiple, mientras que EoC se encarga del tráfico en la planta de coaxial existente en diferentes sectores de una ciudad o un edificio. Como se observa en la figura 2.12, los datos y el tráfico de vídeo de televisión por cable son multiplexados y viaja a través de la fibra. La distribución la red es pasiva, con un sólo divisores ópticos en el campo. La unidad de acceso a la unidad de vivienda múltiple (MAU) incluye al ONU (*Optical Network Unidad*) que ofrece datos *Fast Ethernet* o Gigabit. Los datos son remitidos a un controlador de EoC conocido como EoC master de la red, que además distribuye los datos a la red de cable coaxial.

1. Figura 2.11. Esquema de la tecnología PON para servicio de televisión y datos. O, James, Farmer, BOURG, Bourg, "Practical Deployment of Passive Optical Networks", An Enablence Technologies Company, IEEE Communications Magazine, Vol. 46, No. 7, Julio del 2008.

Un EoC CPE (*Customer Premises Equipment*(equipo local del cliente)), instalado a cada usuario, proporciona velocidades de datos Ethernet y salida de televisión por cable a través de los puertos de RF.

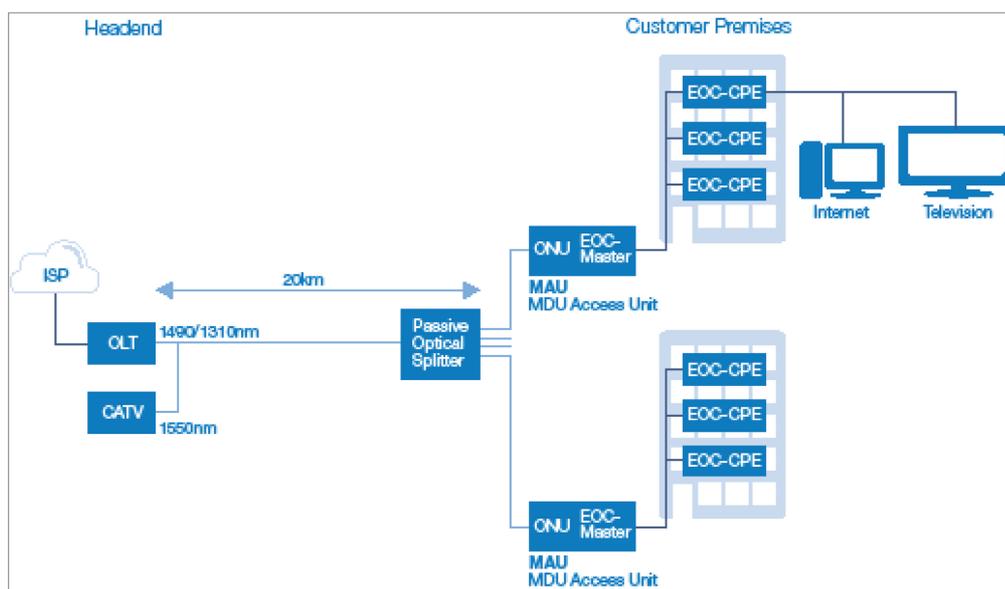


Figura 2.12. Arquitectura de PON + EoC^[1]

Cada OLT (Terminación de Línea Óptica) puede soportar hasta a 64 ONUs, que se despliegan en diferentes puntos estratégicos de los sectores que se desean cubrir en un rango de 4 a 16 se divide, en función de la SLA (*Service Level Agreement*) y la tasa recogida. Dentro de un determinado sector o edificio, el controlador de red EoC puede manejar alrededor de 31 CPE (*Customer Premises Equipment*) o EoC esclavos.

2.7.1. Aplicación del Sistema EPON + EOC

El principal negocio de televisión por cable de red sigue siendo la transmisión de programa de video. Se adopta la fibra para transmitir y recibir información, el sistema de EPON o conmutador de fibra óptica en el enlace de fibra y equipos de EOC en la conexión coaxial para realizar transmisión de datos de la señal. Podemos desarrollar rápidamente con los servicios de datos de bajo costo a través de la red HFC. La transmisión del programa de vídeo sigue siendo el principal servicio de televisión por cable.

1. Figura 2.12. Arquitectura de PON + EOC. NGUYEN, Van, "Bridging the Light to the MDU", *Broadband Journal*, Vol. 33 No. 2, Abril 2011.

Cuando ofrecemos el programa de televisión de vídeo, que también adoptan transceptor de fibra, ONU o conmutador óptico y la técnica de otras fibras para transmitir la señal por el equipo EoC sobre la base de la línea coaxial. Esto puede darse cuenta de bajo costo y servicios de datos rápidos a través de la red HFC y PC.

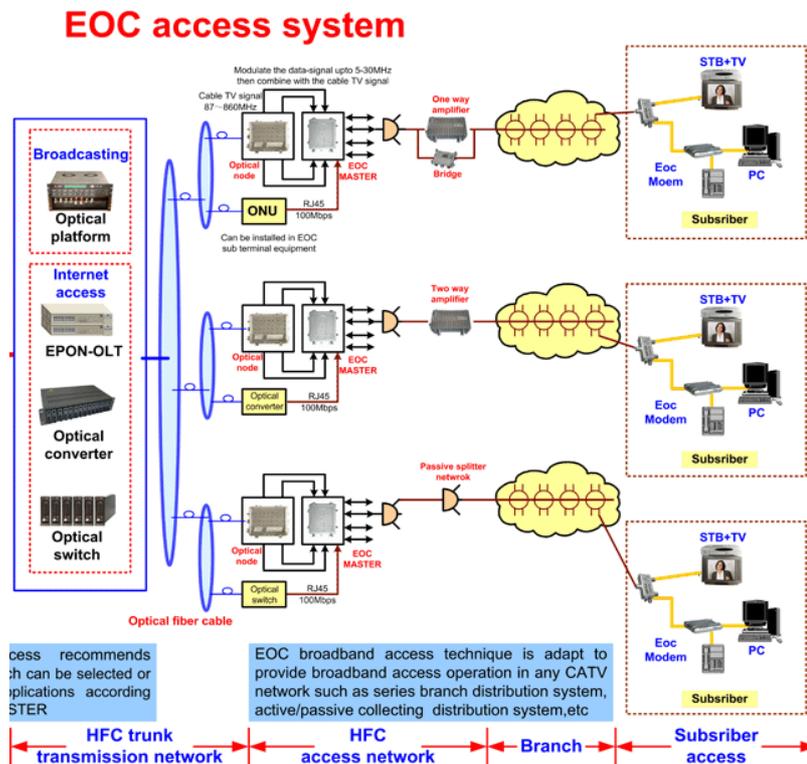


Figura 2.13. Sistema de acceso para EOC^[1]

EoC + transceptor de fibra esta representado en las figuras 2.14 y 2.15, un esquema de configuración de una red HFC con dos fibras que parte desde la cabecera, una fibra transmite señal de televisión a través de un splitter hacia un nodo óptico, la otra fibra realiza la comunicación de datos hacia el mismo nodo óptico. El nodo óptico está compuesto de un receptor óptico para la señal de televisión y posee un converter de señal óptica para la señal de los datos, el receptor óptico transforma a señal de radio frecuencia la señal de televisión, el convierte los datos a un RJ45 para luego ser ingresados en el EoC master este realiza la combinación de datos y televisión para transmitir a través de salidas para cable coaxial y ser distribuida en la red de cable coaxial. En la red de cable coaxial es distribuida la señal de televisión y datos, llegando a cada usuario, donde posee un EoC esclavo para la obtención de datos y televisión.

1. Figura 2.13. Sistema de acceso para EOC. KINGTYPE. Ethernet Coaxial Cable (EoC) Access Technique and Products HomePlug AV/ HomePlug BPL/HPNA. 2011. <http://www.ktcatv.com>

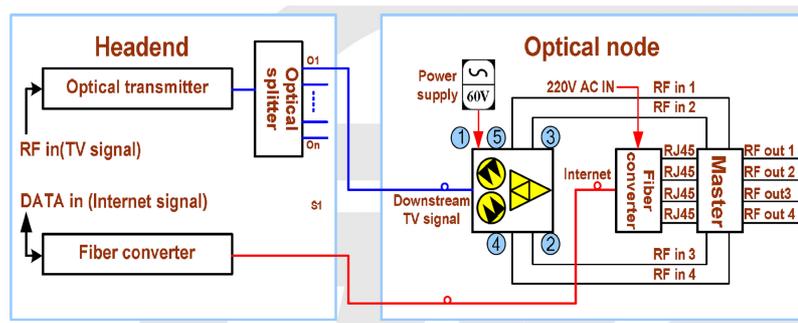


Figura 2.14. EoC master + transceptor de fibra ^[1]

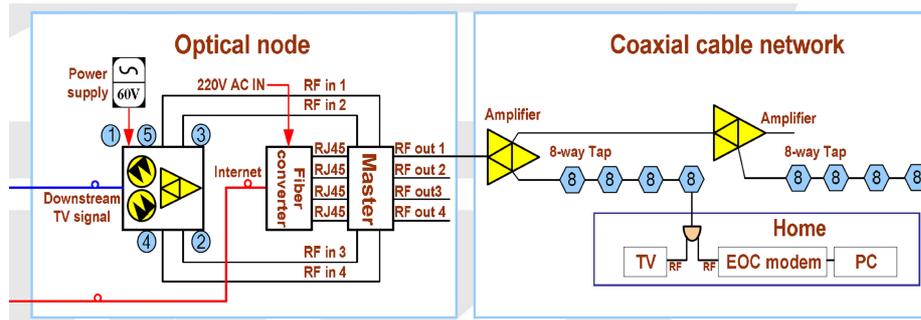


Figura 2.15. Nodo óptico con EoC master y red de cable coaxial con EoC esclavo ^[2]

Sistema de EoC + ONU está representado por las figuras 2.16 y 2.17, donde el sistema está compuesto de tres partes la cabecera, el nodo óptico en la figura 2.16, la red de cable coaxial en la figura 2.17. Partiendo desde la cabecera se encuentra el transmisor óptico de señal de televisión que se distribuye por un spliter del cual se transporta hacia el nodo óptico, en la cabecera también existe un OLT para datos IP con un spliter para distribuir en la red de fibra óptica, y desde el spliter se transporta los datos hacia el nodo óptico. El nodo óptico en su interior posee un receptor óptico para la señal de televisión que realiza la transformación de la señal óptica a señal de radio frecuencia con una determinada cantidad de salidas que se insertan en el EoC master. El nodo óptico posee un ONU el cual recibe la señal óptica de datos y las transfiere al EoC master en RJ45. El EoC master se encarga de combinar la señal de televisión y datos para poder distribuir en la red de cable coaxial en una determinada cantidad de salidas RF para el cable coaxial. La red de cable coaxial se encarga de transportar los datos y la televisión hacia los usuarios, cada usuario posee un EoC esclavo con el cual podrá obtener la señal de datos, video o servicios de telefonía que ofrezca la empresa proveedora del servicio.

1. Figura 2. 14. EoC master + transceptor de fibra. KINGTYPE, *KT Ethernet over Coaxial (EoC) Access System*, Chengdu PR of China, 2009.

2. Figura 2.15. Nodo óptico con EoC master y red de cable coaxial con EoC esclavo. KINGTYPE, *KT Ethernet over Coaxial (EoC) Access System*, Chengdu PR of China, 2009.

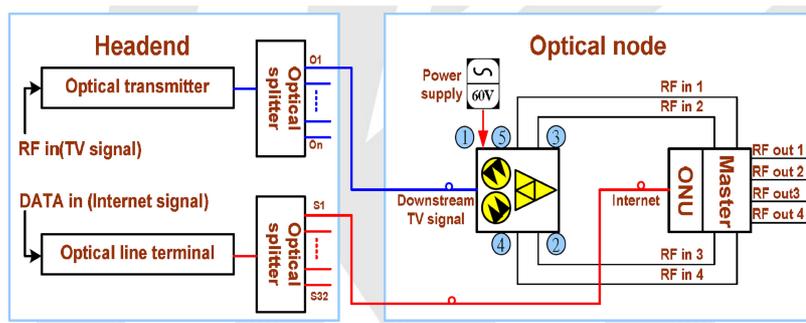


Figura 2.16. Sistema de EoC master + ONU^[1]

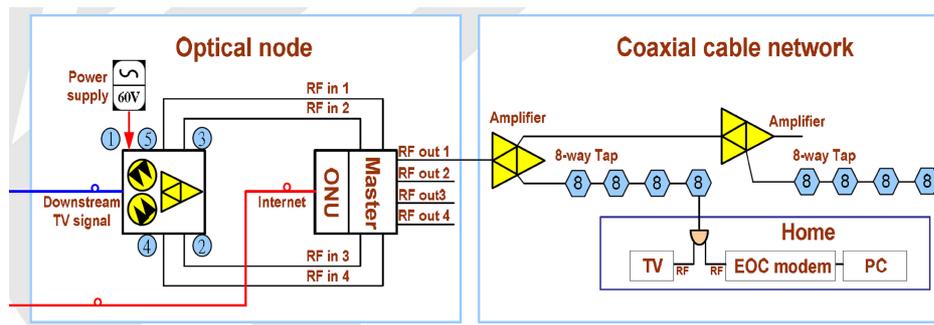


Figura 2.17. Sistema de EoC master y EoC esclavo + ONU^[2]

2.8. Ventajas de PON + EoC

La figura 2.12, presenta el esquema de una sola fibra desde la oficina central o cabecera puede proporcionar servicios para un sector de una ciudad o edificio con muchos usuarios, a una distancia de hasta 20 km. Esto podría significar importantes ahorro en costos al evitar la necesidad de diseñar nuevas fibras. La arquitectura PON, por su naturaleza, también es pasiva. No existen componentes activos en la red y sin fuentes de alimentación, lo que significa un menor mantenimiento. Otra de las ventajas de PON es su capacidad para proporcionar gran ancho de banda y QoS para apoyar múltiples servicios. Dos estándares actuales dominantes son IEEE GEPON (Gigabit Ethernet PON) y la UIT GPON (Gigabit PON). GEPON ofrece velocidades de bajada de 1 Gbps, por lo general comparten 32 ONUs, mientras que GPON se especifica con 2,5 Gbps. El híbrido de PON y EoC ofrece una combinación de alto rendimiento P2MP en redes ópticas y la última tecnología de Ethernet sobre cable coaxial, resultando en un costo la solución eficaz para el mercado de unidades con múltiples viviendas.

1. Figura 2. 16. Sistema de EoC master + ONU. KINGTYPE, *KT Ethernet over Coaxial (EoC) Access System*, Chengdu PR of China, 2009.

2. Figura 2.17. Sistema de EoC master y EoC esclavo + ONU. KINGTYPE, *KT Ethernet over Coaxial (EoC) Access System*, Chengdu PR of China, 2009.

El elemento clave del ONU es láser en modo ráfaga capacidad. El láser en modo ráfaga permite combinaciones de hasta 32 ONUs en una única fibra que se remonta al centro óptico. Ethernet sobre cable coaxial es una familia de tecnologías que soportan la transmisión de tramas Ethernet sobre cable coaxial. La investigación tecnología EoC se centra en el uso de la infraestructura existente de televisión por cable de banda ancha para la transmisión de datos. Estas tecnologías se esfuerzan por ser compatibles con las señales de radiodifusión de televisión por cable existentes que son simultáneamente transmitidos en el mismo cable. Por esta razón, las tecnologías EoC deben funcionar fuera del dominio de la frecuencia utilizada actualmente para la televisión por cable o receptor de satélite a las transmisiones de set-top box. En algunos mercados, se hace hincapié en el uso de los 750MHz de espectro de 1 GHz para el EoC y especialmente evitando las bandas por encima de 1 GHz, EoC por el ruido de la entrada potencial de más de las transmisiones por aire de los sistemas celulares. La mayoría de las tecnologías de EoC se están desarrollando para el hogar o en premisa de la creación de redes. La mayoría de los cuales están basados en la tecnología de modulación, como MoCA, HomePlug AV, HomePNA y menor frecuencia de LAN inalámbrica. La primera diferencia entre los sistemas disponibles para EoC es el método que utilizan para transportar datos a través del cable coaxial o banda base o de radiofrecuencia modulada. Sistemas activo, a su vez permitirá la conexión de múltiples dispositivos de las instalaciones del cliente (CPE) para el mismo cable coaxial.

2.9. Desventajas de PON + EoC

Existen estándares de EoC que están diseñadas para operar en bandas por encima de 1 GHz. Estos sistemas son diseñados para operar en América del Norte, pero en nuestro país la televisión por cable trabaja por debajo de 1 GHz. En muchas localidades los sistemas de televisión por cable operar sólo hasta 550MHz o 750MHz. Todos los estándares no son aplicables en nuestro país. En los mercados de algunas tecnologías EoC se centran en el uso de espectro entre 550MHz o 750MHz y 1GHz. Estos sistemas suelen ser inferiores a los costos, pero podría entrar en conflicto con el futuro espectro de expansión de hasta 1GHz. Pero mientras que una sistema de banda suele ser fácil de configurar y usar, tiene el inconveniente de requerir una conexión punto a punto entre dos sitios con el fin de alcanzar tasas de datos de 10Mbps adecuados en las aplicaciones de hoy en día se ejecutan a través de redes IP.

CAPITULO III

ANALISIS TECNICO

3.1. INTRODUCCION

La empresa de televisión por cable Gualaceo TV, plantea un proyecto de mejoramiento e incremento de sus servicios en el campo de las telecomunicaciones, para lo cual se desarrolla el presente análisis de técnico, para ofrecer nuevos servicios a través sus sistema de televisión, su red distribuida en los cantones de Gualaceo y Chordeleg. A continuación se describe la infraestructura y equipos que utiliza para la prestación del servicio de televisión por cable en los cantones de Gualaceo y Chordeleg.

3.2. SERVICIO QUE SE ENCUENTRA BRINDANDO EN LA ACTUALIDAD

Gualaceo TV es una empresa de televisión por cable actualmente brinda el servicio de televisión por cable sin codificar, ofrece a sus clientes una cantidad de 74 canales dentro de los cuales posee una programación variada como educativa e informativa y de entretenimiento en general, en la grilla de programación se encuentran incluidos 14 canales entre locales y nacionales. Gualaceo TV ofrece su servicio de televisión al usuario final a través de cable coaxial, basados en las normas técnicas de la redes de cable coaxial.

3.2.1. Clientes Actuales

El desarrollo de los cantones de Gualaceo y Chordeleg ha conllevado a la necesidad de que sus pobladores estén muy bien informados en el ámbito nacional e internacional, la empresa de televisión por cable Gualaceo TV fue creada con el fin de brindar este tipo de servicio, manteniéndose en el mercado de las telecomunicaciones varios años, posee aproximadamente 3500 usuarios, distribuidos en los barrios de los cantones de Gualaceo y Chordeleg. Para una mejor comprensión de los lugares de cobertura de Gualaceo TV se presentan los siguientes gráficos, en donde se encuentra brindando el servicio televisión por cable.

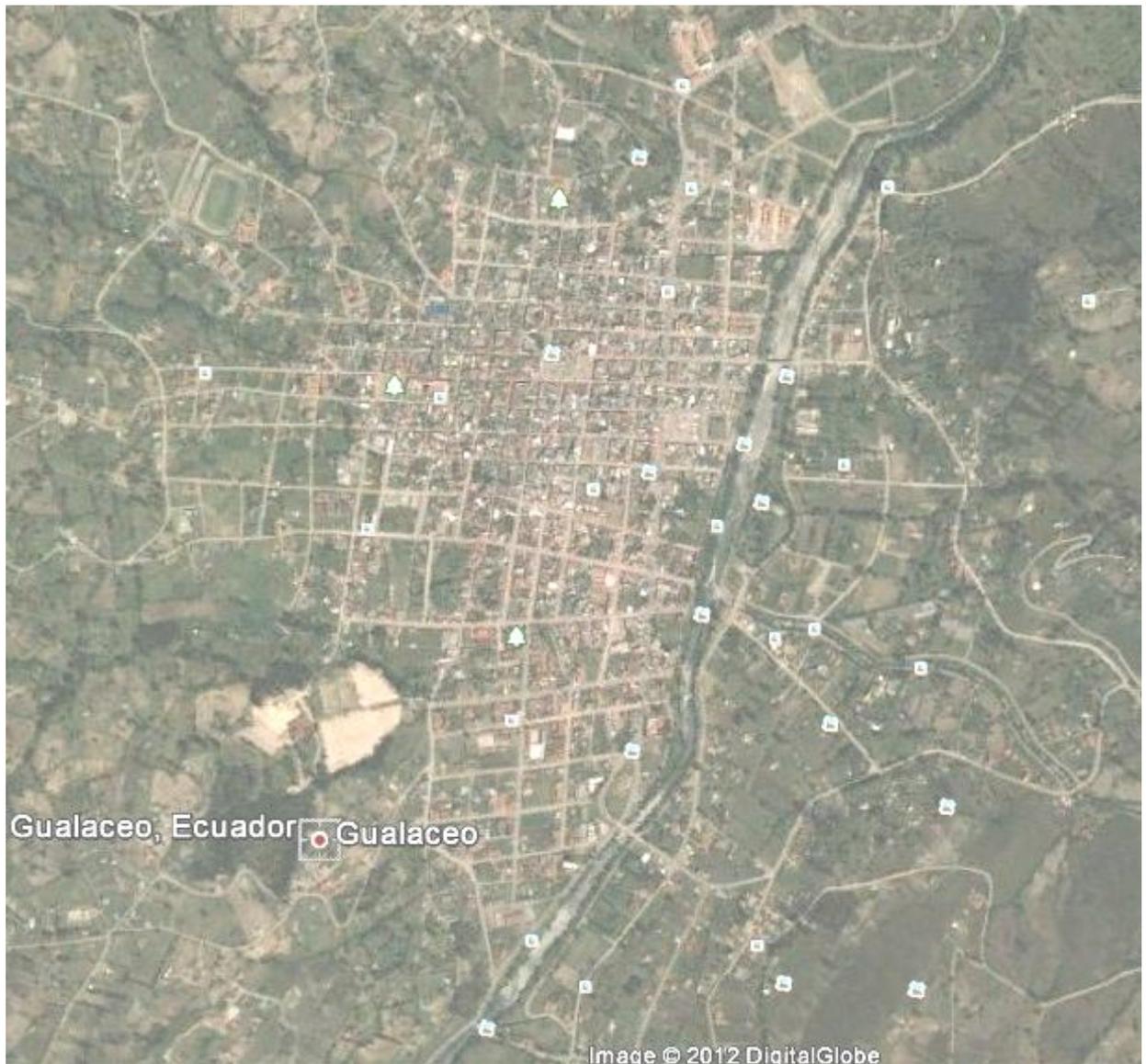


Figura 3.1. Cantón Gualaceo zona de cobertura de Gualaceo TV^[1]

1. Figura 3.1. Cantón Gualaceo zona de cobertura de Gualaceo TV. Imagen tomada de Google Earth.

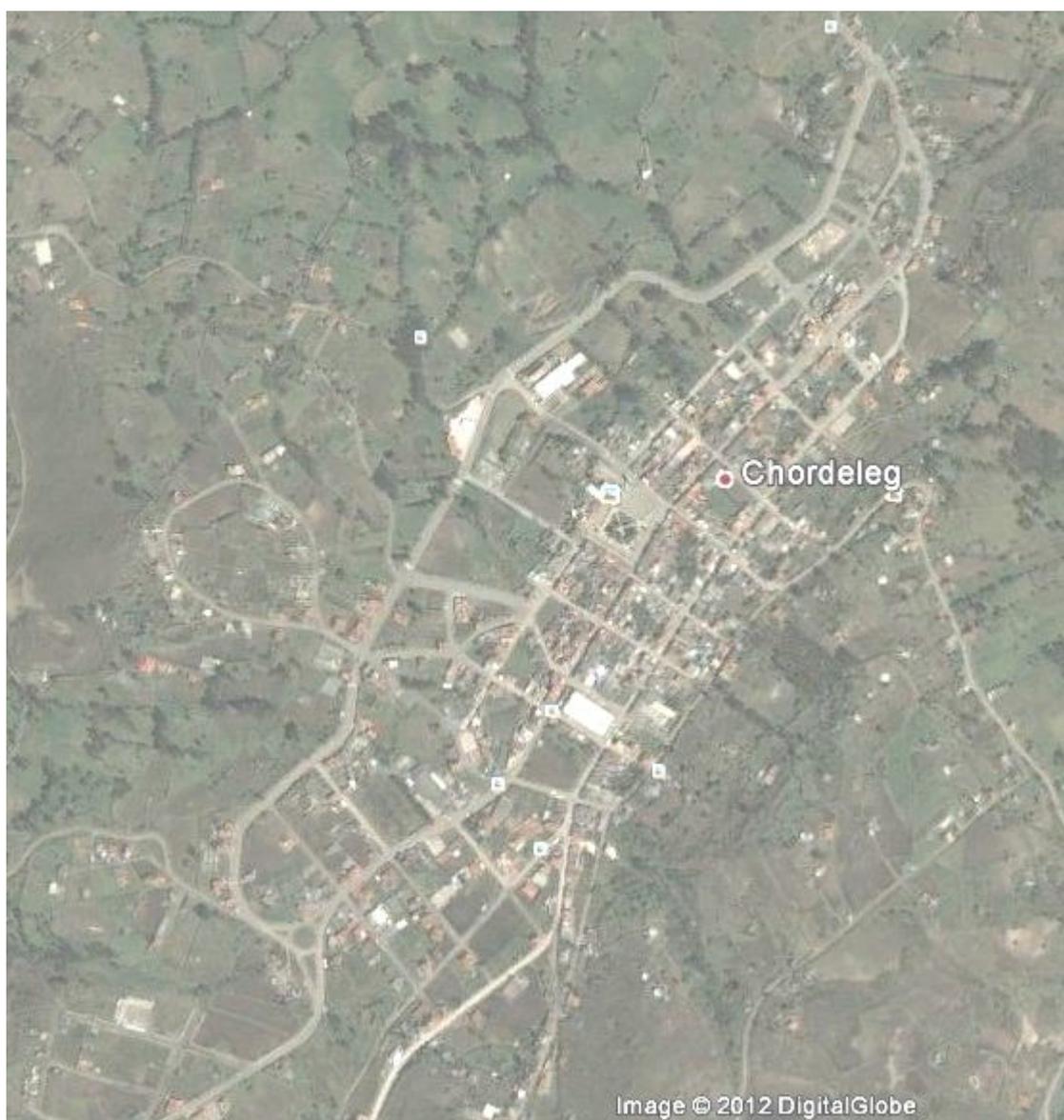


Figura 3.2. Cantón Chordeleg zona de cobertura de Gualaceo TV ^[1]

3.2.2. Servicio que Desea Ofrecer a los Clientes

La empresa de televisión por cable Gualaceo TV con el afán de mejorar e incrementar los servicios para poder mantenerse en el mercado como una de las mejores empresas en ofrecer este tipo de servicio. Ha planteado brindar el servicio de Internet de banda ancha, así como también en un futuro brindar el servicio de televisión interactiva, telefonía. De esta manera, se pretende potencializar la empresa, llegando a satisfacer las necesidades del cliente.

1. Figura 3.2. Cantón Chordeleg zona de cobertura de Gualaceo TV .Imagen tomada de Google Earth.

Para dar a conocer la estructura de la empresa de televisión por cable Gualaceo TV en los siguientes ítems se describe las partes que constituyen un sistema de televisión por cable como la red y los equipos que en la actualidad brinda el servicio, se hará referencia a cada uno de los equipos ya que está centrado en la función que cumple cada uno de ellos dentro de la red, mas no al aspecto técnico.

3.3. SISTEMA DE CATV y REDES HFC (Hybrid Fiber Coaxial)

La prestación del servicio de televisión por cable tiene varias décadas en el mercado pero la necesidad de cubrir mayor distancias y ofrecer excelentes calidades al usuario se buscó soluciones al sistema de cable coaxial de estas soluciones se presenta la utilización de la fibra óptica y cable coaxial, que es conocida como red HFC. Las redes HFC son aquellas que incorporan tanto fibra óptica como cable coaxial para crear una red de gran capacidad de transmisión de información, siendo una red híbrida. La tecnología de fibra óptica comienza a implementarse a través de los cable-operadores de televisión por cable (CATV), que además de brindar éste servicio se crearon soluciones para transportar por el mismo medio la señal de Internet de banda ancha, televisión interactiva, telefónica IP. Debido a la naturaleza de esta tecnología, el costo de los implementos, multiplexores/demultiplexores ópticos, el costo es uno de los factores más significativos en las redes ópticas, esto hace que rara vez se utilice fibra óptica hasta el usuario final. Los operadores de cable poseen sus redes de cable coaxial, las cuales proporcionan una capacidad de ancho de banda considerable, a la vez que permite que nuevos usuarios sean insertados en la red sin producir interferencias a los demás usuarios. Como todo sistema posee sus limitaciones, el sistema de cable coaxial radica en la necesidad de amplificar la señal cubrir largas distancias.

3.3.1. Canales de Trasmisión

El espectro de las redes de televisión por cable está evolucionando desde los 300; 400; 450 MHz de las antiguas redes de tipo coaxial, y dedicadas, a la difusión de televisión hasta los 860 MHz de las modernas redes HFC. Dicho espectro se divide, de forma asimétrica, en dos canales el descendente que transporta las señales generadas en la red, típicamente en la cabecera, y dirigidas a los usuarios. El ascendente que soporta las señales generadas por los usuarios como telefonía, datos, solicitudes de video por demanda, pagar para ver. En la figura 3.3 se visualiza el espectro de frecuencias asignado para los canales de transmisión en una red HFC, como nos presenta la gráfica el canal ascendente se encuentra desde los 5 hasta 55 MHz y el canal descendente desde los 86 hasta los 862 MHz. También se ha establecido cierta canalización para el canal descendente como desde 87,5 a 108 MHz para radiodifusión FM

sonora, de 118 a 174 MHz y de 230 a 470 MHz para la difusión de televisión en formato analógico y de 606 a 862 MHz para la difusión de televisión digital.

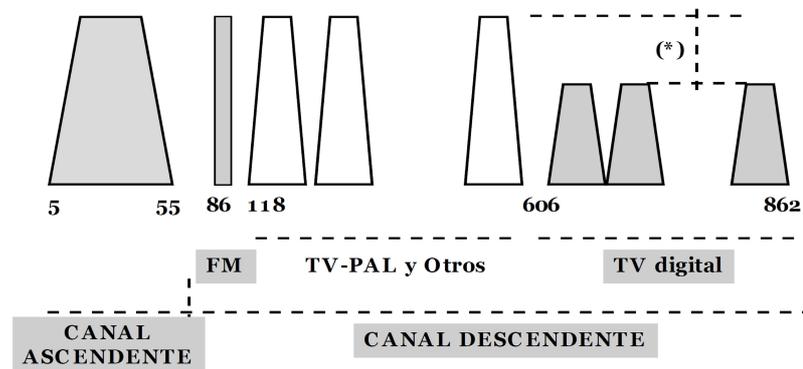


Figura 3.3. Distribución del espectro para redes HFC [1]

Las partes de una red HFC común se presentan en el siguiente gráfico.

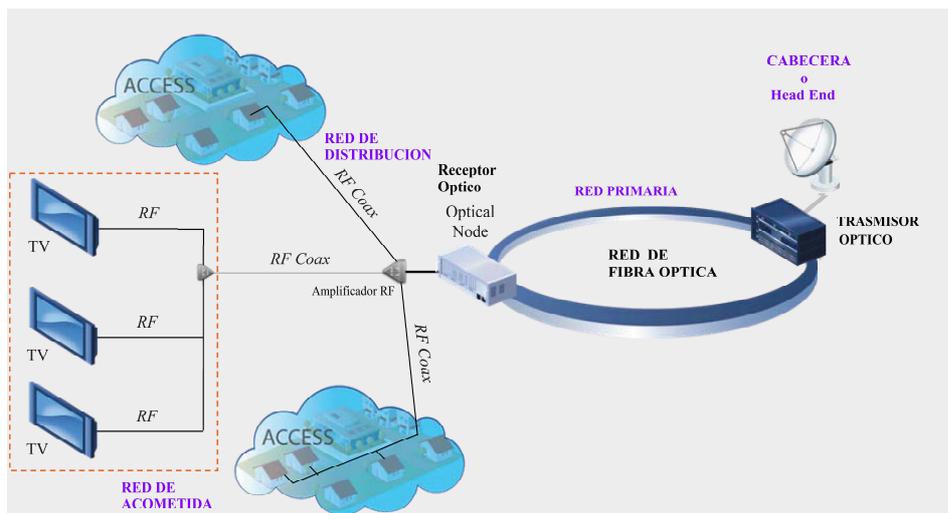


Figura 3.4. Partes de una red HFC [2]

3.3.2. Cabecera (Head End)

El Head End o cabecera es el lugar principal del sistema de televisión por cable, en este lugar es donde se reciben las señales de televisión provenientes de satélites o de estaciones terrenas a través de diferentes tipos de antenas. Las señales recibidas son procesadas para poder ser distribuidas por la red de cable hacia los usuarios, la cabecera está constituida por varios equipos como:

- Antenas para recepción satelital

1. Figura 3.3. Distribución del espectro para redes HFC. Sistemas de Acceso Óptico Redes-HFC. REDES-HFC (HYBRID FIBER COAXIAL).
 2. Figura 3.4. Partes de una red HFC. LATTANZI, Miguel, GRAF, Agustín, "Redes FTTx Conceptos y Aplicaciones" Redes de Acceso: Escenario Actual, IEEE Argentina.

- Antenas para recepción terrestre
- Receptores satelitales
- Demodulador
- Transcoder
- Moduladores
- Combinadores
- Transmisor óptico
- Sistema eléctrico de emergencia

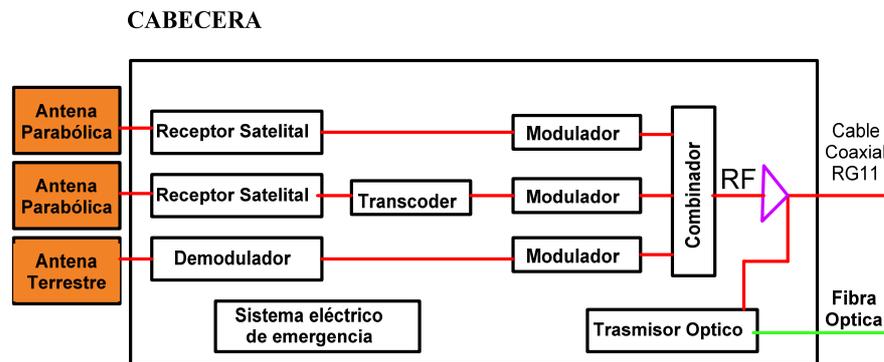


Figura 3.5. Diagrama de bloques de la Cabecera^[1]

3.3.2.1. Antenas para Recepción Satelital

La captación de canales internacionales se la realiza en las frecuencias comprendidas entre los 3.7GHz y los 4.2GHz, tanto en polarización vertical como en horizontal dependiendo del satélite a utilizar:

- Intelsat
- Hispasat 1C
- Atlantic Bird
- Satmex 5
- Echostar
- Galaxy

La recepción de las señales satelitales de procedencia internacionales o nacionales, dichas señales pueden ser libres o codificadas, las señales codificadas son compradas sus derechos a los distribuidores para poder transmitirlos.

1. Figura 3.5. Diagrama de bloques de la Cabecera. DIAZ, Sergio, "SISTEMAS AVANZADOS DE COMUNICACIONES REDES DE CABLE", DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA Universidad de Sevilla.

La señal de cada satélite es recibida a través de las antenas con su respectivo LNB ^[1] y enviada hacia los receptores satelitales los cuales serán programados y obtenida la señal basados en la grilla de programación autorizada.

3.3.2.2. Antenas para Recepción Terrestre

Un sistema de televisión por cable debe transmitir todas las señales de televisión abierta que se encuentran en el lugar donde se ubica la cabecera. Estas antenas se encargan de la recepción terrestre captando todas las señales nacionales en el medio donde se ubica la cabecera. Las señales de televisión abierta a diferencia de las señales internacionales pasan por un demodulador, porque estas señales se transmiten por el aire libre y son establecidas para la recepción de los televisores sin necesidad de un equipo adicional.

3.3.2.3. Receptores Satelitales

El receptor satelital es el equipo encargado de separar las distintas señales en los distintos canales provenientes de un mismo satélite, se programa al receptor satelital con los datos del satélite, la frecuencia a sintonizar y del Symbol Rate, en el caso de canales digitales, se debe añadir al receptor satelital la información del código FEC ^[2] (Forward Error Correction), todos éstos datos son proporcionados por los operadores del satélite. El receptor satelital también se encarga de proporcionar la alimentación eléctrica necesaria para el LNB (Bloque de Bajo Ruido), el cual se encuentra ubicado en el foco de la antena parabólica.



Figura 3.6. Receptor satelital Motorola DSR 4402X. ^[3]

1. LNB. Bloque de Bajo Ruido. Es un resonador con una cavidad que recibe en su final las señales del satélite enfocadas que se reflejan en la antena y entonces se procesan estas señales. KOPPITZ, Koppitz, *¿Qué es un LNB - y para qué sirve?*, Funciones Básicas.
2. FEC. Forward Error Correction es un sistema de corrección de errores para transmisiones de datos en el que el emisor añade datos redundantes que permiten al receptor detectar y corregir errores sin la necesidad de solicitar de nuevo los datos. UBAL, Rafael, *Estudio y evaluación de técnicas FEC para la recuperación frente a errores*, TRANSMISIÓN DE DATOS MULTIMEDIA.
3. Figura 3.6. Receptor satelital Motorola DSR 4402X. An advanced digital satellite receiver for analog service conversion and basic cable operation.

Características técnicas del receptor satelital Motorola DSR 4402X

Características Técnicas	Valores
Impedancia de entrada	75 Ω
Modulación de entrada	QPSK
Symbol Rate	3.25 – 30 Msps
FEC	1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 7/8
Relación S/N en video	57 dB (min)
Relación S/N en audio	85 dB a 1KHz
Tensión al LNB	16 VDC
Impedancia de salida (video)	75 Ω
Impedancia de salida (audio)	600 Ω

Tabla 3.1. Características técnicas del receptor satelital Motorola DSR 4402X^[1]

El receptor satelital posee dos salidas por separado la señal de audio y video, las cuales son introducidas en el modulador.

3.3.2.4. Demodulador

El demodulador es el equipo donde se ingresan los canales de señal abierta que son captadas por las antenas de recepción terrestre, este equipo cumple la misma función de un receptor satelital, la diferencia entre los dos son las frecuencias de recepción, ya que el demodulador capta las señales de televisión ubicadas en la banda VHF (Very High Frequency), las frecuencias comprendidas entre los 54MHz y los 216MHz^[2]. La programación de este equipo es más sencilla, ya que únicamente necesita como parámetros la frecuencia a captar y la frecuencia de salida de la señal. El demodulador posee la salida de la señal de audio y la de video por separado. Las impedancias de entrada y salida son iguales a las de un receptor satelital. Estas señales de audio y video pasan a un modulador, este la modulara en la misma frecuencia que se lo trasmite de forma abierta.

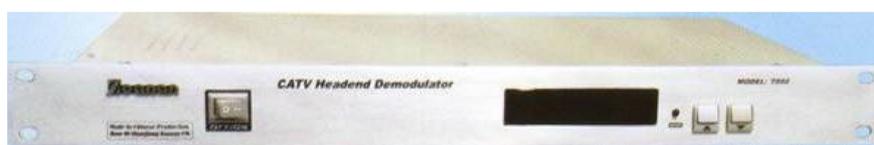


Figura 3.7. Demodulador eastec T860^[3]

1. Tabla 3.1. Características técnicas de un receptor satelital Motorola DSR 4402X. MOTOROLA, An advanced digital satellite receiver for analog service conversion and basic cable operation.

2. Se excluye las frecuencias comprendidas entre los 88MHz y los 174MHz, las cuales están destinadas para la transmisión de radio FM y la banda media de VHF.

3. Figura 3.7. Demodulador eastec T860. EASTEC, Shenzhen Eastec Trading Co.Ltd.

3.3.2.5. Codificador

Equipo encargado de eliminar la sincronía de la señal de video en ciertos canales, con el propósito de impedir que los usuarios tengan acceso a canales que son pagados para verlos, se modula únicamente la portadora de video a una frecuencia diferente dentro del ancho de banda del canal analógico. Cuando se elimina la sincronía de la portadora de video se consigue que la imagen no pueda ser vista en el televisor, pero el audio del canal si puede ser escuchado. Para poder recuperar la señal codificada, se lo realiza a través de filtros a nivel de la red de acometida, el usuario que realice un pago adicional obtendrá el servicio.

3.3.2.6. Moduladores

Las señales de audio y video de canales internacionales y canales nacionales, que obtuvo del receptor satelital y demodulador son ingresados a un equipo modulador, en donde son ecualizados para corregir la diferencia de amplitud en función de la frecuencia provocada por el cable. Las señales de audio y video son moduladas por separadas a la frecuencia en la cual van a ser transmitidas y dependerá del tipo de modulador, las señales de audio y video son filtradas para eliminar los armónicos propios de la modulación, a continuación las portadoras moduladas de audio y video son amplificadas para garantizar calidad en la señal del canal. La figura 3.10 presenta las frecuencias a las que se modula las portadoras de audio y video dentro del ancho de banda de un canal analógico. Para un canal de servicio pago por ver (PPV), las señales de audio y video pasan por un equipo codificador antes de ingresar al modulador.

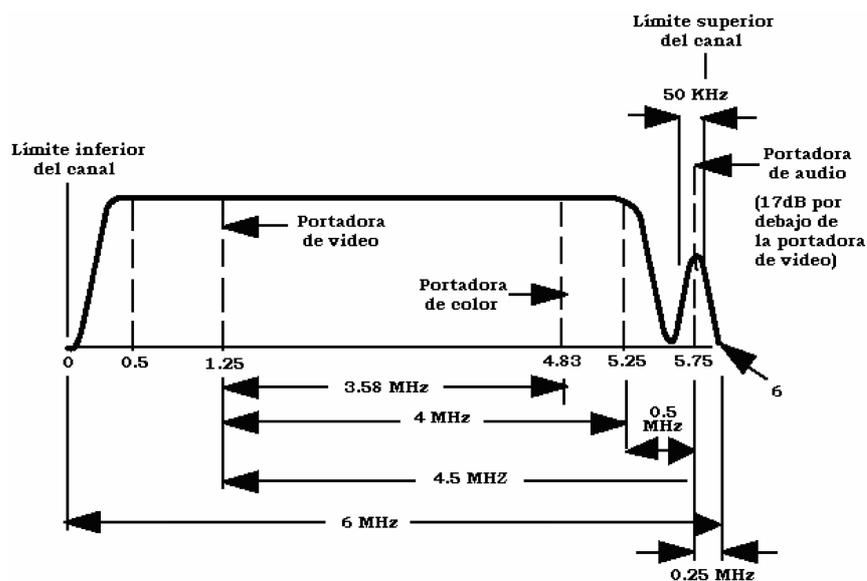


Figura 3.8. Espectro de frecuencias de un canal analógico ^[1]

1. Figura 3.8. Espectro de frecuencias de un canal analógico. PEREZ, Constantino, "INTRODUCCION A LOS SISTEMAS TRANSMISORES DE TELEVISION". 2005.

Las señales son amplificadas y pasan por un combinador luego vuelven a ser filtradas para evitar cualquier inserción de alguna señal extraña propia del combinador, realizado todo proceso la señal de radio frecuencia es amplificada a un nivel de 55 dBmV y de esta forma sale del modulador.

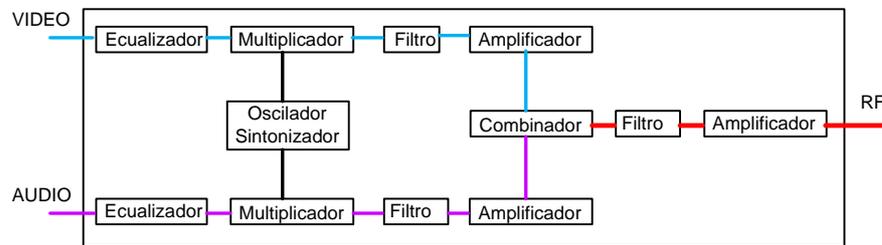


Figura 3.9. Diagrama de bloques de un modulador ^[1]



Figura 3.10. Modulador PICO MACO-PCM55 ^[2]

Las señales después de ser moduladas pasan a un combinador. La tabla 3.2 presenta los parámetros de un modulador Pico Maco PCM55.

Características Técnicas	Valores
Impedancia de entrada de video	75 Ω
Impedancia de entrada de audio	600 Ω
Relación S/N de video	> 60 dB
Potencia de salida RF	55 dBmV
Impedancia de salida	75 Ω
Relación entre portadoras (video/audio)	-15min/-17max dBc/Hz
Nivel de salida ajustable	44 a 55 dB

Tabla 3.2. Características técnicas de un modulador Pico Maco PCM55 ^[3]

1. Figura 3.9. Diagrama de bloques de un modulador. DIAZ, Sergio, "SISTEMAS AVANZADOS DE COMUNICACIONES REDES DE CABLE", DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA Universidad de Sevilla.

2. Figura 3.10. Modulador PICO MACO-PCM55. PICO MACO, Headend & Electronics Pico Maco.

3. Tabla.3.2. Características técnicas de un modulador Pico Maco PCM55. PICO MACO, Headend & Electronics Pico Maco.

3.3.2.7. Combinador

El modulador posee una salida a una determinada frecuencia, como todas las señales deben viajar por el mismo canal, se emplean uno o varios combinadores, los cuales se encargan de la multiplexación en frecuencia las señales que reciben.

Características técnicas	Valores
Impedancia de entrada	75 Ω
Frecuencia de trabajo	45 a 860 MHz
Pérdidas de inserción	20 dB
Pérdidas de retorno	12 dB min
Aislamiento entre portadoras	40 dB min

Tabla 3.3. Características técnicas de un combinador Eastec E-2400^[1]

Un sistema de amplio número de canales utiliza el método de combinadores en cascada. Todas las señales son combinadas en una sola, pasan a un amplificador troncal el cual se regula la cantidad de señal de los canales en frecuencias altas con respecto a los canales de frecuencias bajas, el amplificador deriva la señal, una parte de la señal se distribuye hacia los usuarios más cercanos del Head End, mientras que la otra señal pasa a los transmisores ópticos.

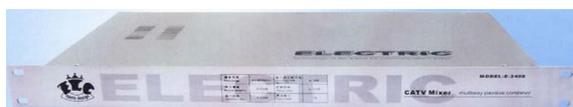


Figura 3.11. Combinador de señales Eastec E-2400^[2]

3.3.2.8. Transmisor Óptico

Transmisor óptico es el equipo encargado de transformar la señal de radiofrecuencia compuesta por todos los canales a transmitir en pulsos de luz, se tiene una salida de señal óptica la que servirá para transportarla por la red de fibra óptica hasta un punto central del sector que se desea brindar el servicio de televisión por cable. Las características técnicas de un transmisor óptico Pico Maco PFT 14 se presentan en la tabla 3.4.



Figura 3.12. Transmisor óptico Pico Maco PFT 14.^[1]

1. Tabla.3.3. Características técnicas de un combinador Eastec E-2400. Shenzhen Eastec Trading Co.Ltd. <http://www.eastec-electronics.com/>
2. Figura 3.11. Combinador de señales Eastec E-2400. Combinador Eastec E-2400. Shenzhen Eastec Trading Co.Ltd. <http://www.eastec-electronics.com/>
3. Figura 3.12. Transmisor óptico Pico Maco PFT 14. Fiber Optic Series. Pico Maco A STEREN COMPANYY.

Características Técnicas	Valores
Ancho de banda de entrada RF	47-870 MHz
Nivel de entrada RF	15 a 20 dBmV
Pérdidas de retorno de entrada RF	15 dB min
Respuesta de frecuencia 47-750 MHz	±0.5 dB
Respuesta de frecuencia 50-870 MHz	±0.75 dB
Longitud de onda central	1310 nm
Potencia de salida	14 dBm

Tabla 3.4. Características técnicas del transmisor óptico Pico Maco PFT 14. [2]

3.3.2.9. El sistema Eléctrico de Emergencia

El sistema eléctrico de emergencia funcionara en casos que la energía eléctrica sufra fallas, disponer de un sistema de UPS que brinda un respaldo de tiempo necesario para que la planta generadora a combustible entre en funcionamiento.

3.3.3. Red Primaria

La red primaria es conocida como red troncal suele presentar una estructura en forma de anillo o estrella de fibra óptica que une a un conjunto de receptores ópticos o nodos ópticos.

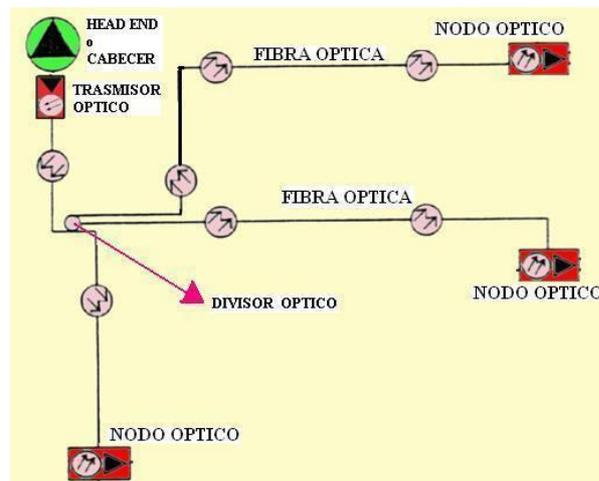


Figura 3.13. Esquema de la red primaria [3]

Esta parte de la red realiza la distribución desde la cabecera o Head End hacia los distintos puntos donde se ubican los receptores ópticos o nodos ópticos. Una de las ventajas de utilizar fibra óptica en la red primaria es el hecho de transportar la señal una gran distancia sin necesidad de amplificación. Las señales ópticas se convierten a señales eléctricas por medio de los receptores ópticos y se distribuyen a los hogares de los abonados a través de una estructura de red tipo bus, con cable coaxial.

1. Tabla 3.4. Características técnicas del transmisor óptico Pico Maco PFT 14. Fiber Optic Series. Pico Maco A STEREN COMPANY.

2. Figura 3.13. Esquema de la red primaria. MALLETT, Edwin. "MSO Use Case Topologies for EPOC". IEEE 802.3 Plenary Meeting Waikoloa, HI. March 12-16, 2012.

El funcionamiento la red de televisión por cable es unidireccional, únicamente se envían señales desde la cabecera hacia los usuarios y no funciona el sistema de retorno. La tabla 3.6 presenta los valores de atenuación para la fibra óptica monomodo, es la más utilizada en este tipo de redes.

Longitud de Onda	Atenuación Máxima para exteriores	Atenuación máxima para interiores
1310 nm	0.36 dB/Km	0.5 dB/Km
1550 nm	0.22 dB/Km	0.5 dB/Km

Tabla 3.5. Atenuación en fibra óptica monomodo HONGFENG^[1]

3.3.3.1. Nodo Óptico

El nodo óptico o receptor óptico es el equipo donde finaliza la red primaria y desde el nodo parte la red de distribución. Este equipo está constituido por un receptor óptico y un amplificador de radio frecuencia. El sistema del receptor óptico se encarga de transformar los pulsos de luz en la señal de radiofrecuencia el cual contiene los canales de televisión emitidos desde la cabecera. Esta conversión es desarrollada por un diodo fotodetector PIN^[2]. La señal RF que sale del receptor óptico pasa a los amplificadores de radio frecuencia los cuales amplifican hasta tener una señal de 52 dBmV.

Características técnicas	Valores
Longitud de onda	1290 nm a 1600 nm
Potencia de entrada	+1 dBm (max); -5 dBm (min)
Pérdida de retorno óptico	20 dB (min)
Frecuencia pasa banda	50 – 862 MHz
Pérdida de retorno RF	20 dB
Potencia de salida RF	51 dBmV)

Tabla 3.6. Características técnicas de un receptor óptico Teleste modelo AC800^[3]

Estos equipos son instalados en los postes de energía eléctrica o en armarios con todas las normas técnicas, y de preferencia debe ser instalado en el centro del sector a cubrir. La figura 3.14 presenta el módulo de un receptor óptico, y en la figura 3.15 presenta el nodo óptico incluido el receptor óptico y los amplificadores de RF.

1. Tabla 3.5. Atenuación en fibra óptica monomodo. HONGFENG, TECHNICAL DATA SHEET. Single Mode Optical Fiber Cable ITU-T Rec. G652D. <http://www.hf-cable.com/>

2. Diodo fotodetector semiconductor tipo P, semiconductor intrínseco, semiconductor tipo N.

3. Tabla 3.6. Características técnicas de un receptor óptico Teleste modelo AC800. TELESTE, *Product Specification AC800*, Broadband Cable Networks/Kari Maki, Enero 11 2007, <http://www.teleste.com/>



Figura 3.14. Módulo de conversión óptica a radio frecuencia ^[1]



Figura 3.15. Nodo óptico Teleste modelo AC800 ^[2]

3.3.4. Red de Distribución

Esta parte de la red tiene por misión transportar la información ya sea proveniente de distintos proveedores de servicios o distintos usuarios.

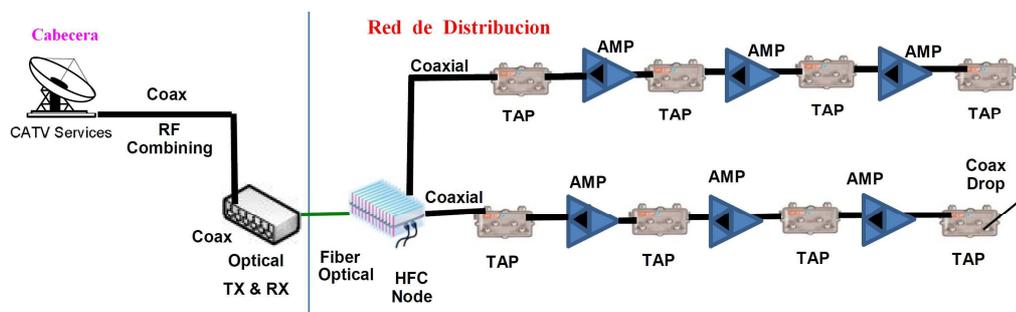


Figura 3.16. Esquema de la red de distribución ^[3]

Está compuesta por una estructura tipo bus o árbol de cable coaxial que parte desde el nodo óptico y lleva la señal proveniente de la cabecera al barrio al que se desea dar el servicio.

1. Figura 3.14. Módulo de conversión óptica a radio frecuencia. TELESTE, *Product Specification AC800*, Broadband Cable Networks/Kari Maki, Enero 11 2007, <http://www.teleste.com/>
 2. Figura 3.15. Nodo óptico Teleste modelo AC800. TELESTE, *Product Specification AC800*, Broadband Cable Networks/Kari Maki, Enero 11 2007, <http://www.teleste.com/>
 3. Figura 3.16. Esquema de la red de distribución. MALLETT, Edwin, "MSO Use Case Topologies for EPOC". IEEE 802.3 Plenary Meeting Waikoloa, HI, March 12-16, 2012.

El cable utilizado para esta parte de la red es cable coaxial estándar #500 con mensajero, este tipo de cable presenta mejores características en pérdidas en largas distancias.



Figura 3.17. Cable coaxial con mensajero P3 500JCAM HONGFENG ^[1]

En las tablas 3.8, 3.9 y 3.10 se observa las características físicas, eléctricas y de atenuación del cable P3 500JCAM HONGFENG.

Elementos del cable	Diámetro (mm)
Conductor interno	2.77
Dieléctrico	11.43
Conductor externo	12.77
Chaqueta	14.22

Tabla 3.8. Características físicas del cable coaxial P3 500JCAM HONGFENG ^[2]

Características	Valores
Impedancia característica	75 Ω
Capacitancia nominal	15,3 pF/m
Velocidad de propagación	88 %

Tabla 3.9. Características eléctricas del cable coaxial P3 500JCAM HONGFENG ^[3]

Las tablas presentan la impedancia característica (Ω) que es la relación de la tensión aplicada sobre la corriente absorbida por un cable de longitud infinita. La capacitancia nominal es el valor de la capacidad eléctrica, medida entre el conductor central y el conductor externo, dividida por la longitud del cable. También varía con el tipo de material aislante y con la geometría del cable. La velocidad de propagación es la relación expresada en porcentaje entre la velocidad de propagación de la señal en el cable y la velocidad de propagación de la luz.

1. Figura 3.17. Cable coaxial con mensajero P3 500JCAM. HONGFENG, HFC network application-2007.

2. Tabla 3.8. Características físicas del cable coaxial P3 500JCAM HONGFENG. HONGFENG, HFC network application-2007.

3. Tabla 3.9. Características eléctricas del cable coaxial P3 500JCAM HONGFENG. HONGFENG, HFC network application-2007.

Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100m)
10	0.7
50	1.6
100	2.0
230	3.6
300	4.2
470	5.3
600	6.0
860	7.4
1000	8.0

Tabla 3.10. Atenuación del cable P3 500JCAM HONGFENG con respecto a la frecuencia ^[1]

La red de distribución está constituida con los siguientes elementos:

- Amplificadores de radio frecuencia
- TAPs (Tomas para los usuarios)

3.3.4.1. Amplificadores de Radio Frecuencia

La reducción del nivel de señal de radio frecuencia se da conforme avanza a través de los cables de la red, lo cual produce pérdidas en la transmisión. Los canales de frecuencias más altas sufran una mayor degradación que los canales de frecuencias más bajas. Todas estas características que presentan el sistema como atenuación y respuesta en frecuencia, son compensadas y tratadas en la red con la inclusión de amplificadores que son calibrados de acuerdo a la necesidad de la red. Los amplificadores se alimentan a través del mismo cable de señal. Una señal de radio frecuencia para poder ser amplificada debe encontrarse en los rangos de 20dBmV a 24dVmV. En la tabla 3.11 presenta los niveles de salida de un amplificador para las diversas frecuencias a las que se encuentren trabajando.

Frecuencia (MHz)	Nivel de salida (dBmV)
870	45
550	44
52	37
40	41

Tabla 3.11. Amplificación respecto a la frecuencia ^[2]

El diagrama en bloques básico de un amplificador de radio frecuencia bidireccional se muestra en la figura 3.18, se amplifican en sentido cabecera hacia el usuario con las frecuencias comprendidas entre los 50MHz y 860MHz y en sentido inverso las frecuencias comprendidas entre 5MHz y 40MHz.

1. Tabla 3.10. Atenuación del cable P3 500JCAM HONGFENG con respecto a la frecuencia. HONGFENG, HFC network application-2007.
2. Tabla 3.11. Amplificación respecto a la frecuencia. Line Extender Models JLX-7-750P/LC, Installation Manual.

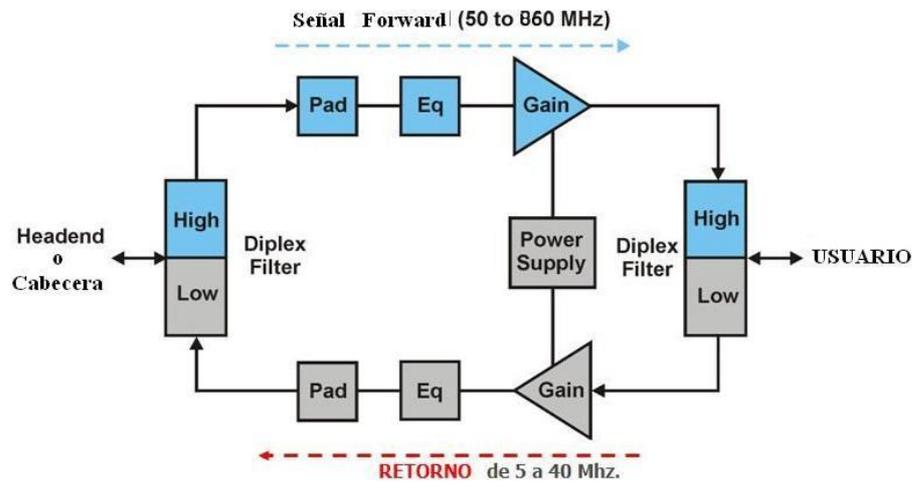


Figura 3.18. Diagrama de bloques de un amplificador de RF^[1]

La figura 3.19 presenta la imagen de un amplificador de radio frecuencia.

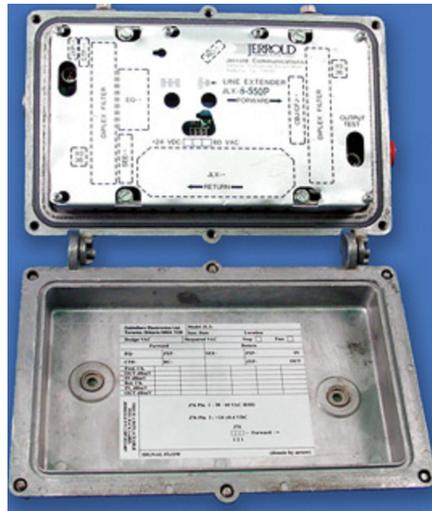


Figura 3.19. Fotografía de un amplificador de RF GI JLX Line Extender^[2]

3.3.4.2. Toma (Tap)

Tap es un dispositivo que permite derivar una parte de la energía de radio frecuencia hacia la red de acometida, los parámetros que más definen a un tap son:

- **Valor en dB de la derivación:** es el valor en dB de la señal en RF que se atenúa desde la red de distribución con relación a las salidas derivadas.
- **Número de salidas:** es el número de salidas derivadas del tap.
- **Valor en dB de la inserción:** es el valor en dB que la señal de RF se atenúa a través de la red de distribución.

1. Figura 3.18. Diagrama de bloques de un amplificador de RF. MOTOROLA intelligence everywhere. *Fundamentos de los Sistemas de Cable*. Motorola Document Classification, Canopy Enterprise Solution, Rev. 2.0. 2006.

2. Figura 3.19. Fotografía de un amplificador de RF GI JLX Line Extender. Line Extender Models JLX-7-750P/LC.

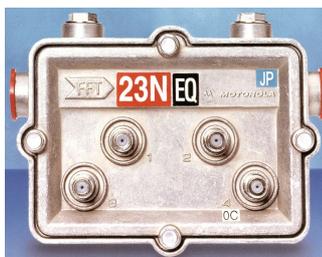


Figura 3.20. Fotografía de un Tap^[1]

3.3.5. Red de Acometida

Interconecta los dispositivos del abonado o cliente con la cabecera es la parte de la red a través de la cual la señal de radio frecuencia llega al televisor desde una de las salidas derivadas del tap. Cable utilizado para esta parte de la red es cable coaxial estándar RG6, ya que presenta mejores características físicas, mecánicas para su instalación.



Figura 3.21. Cable coaxial estándar F6TSVV HONGFENG^[2]

Elementos del cable	Diámetro (mm)
Conductor interno	1.02
Dieléctrico	4.57
Conductor externo	4.78
Chaqueta	7.06

Tabla 3.12. Características físicas del cable coaxial RG6^[3]

Características	Valores
Impedancia	75 Ω
Capacitancia nominal	50 pF/m
Velocidad de propagación	88 %

Tabla 3.13. Características eléctricas del cable coaxial RG6^[4]

1. Figura 3.20. Fotografía de un tap. Cable Network Handbook: Overview of Architecture, Technical Features and Services of Integrated Broadband and Cable TV Networks. Cable Europe Labs.
 2. Figura 3.21. Cable coaxial estándar F6TSVV HONGFENG. HONGFENG, HFC network application-2007.
 3. Tabla 3.12. Características físicas del cable coaxial RG6. HONGFENG, HFC network application-2007.
 4. Tabla 3.13. Características eléctricas del cable coaxial RG6. HONGFENG, HFC network application-2007.

Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100m)
5	3.60
55	5.25
211	10.00
450	14.43
550	16.08
750	18.54
865	20.01
1000	21.49

Tabla 3.14. Atenuación del cable coaxial RG6 con respecto a la frecuencia ^[1]

La red de acometida presenta los siguientes elementos:

- Divisores (Splitters)
- Filtros

3.3.5.1. Divisores (Splitters)

El divisor splitter es un dispositivo que tiene la función de dividir la señal de RF de entrada en dos partes iguales, divide la señal de entrada y la reduce en 3dB, este valor es teórico, ya que normalmente se obtiene valores entre los 3,5 y 4,5dB debido a pérdidas por conexión. Las pérdidas de inserción es un valor muy importante en la instalación al usuario, para garantizar en la entrada del televisor niveles de potencia comprendidos entre los 3 dBmV y los 10 dBmV.

3.3.5.2. Filtros

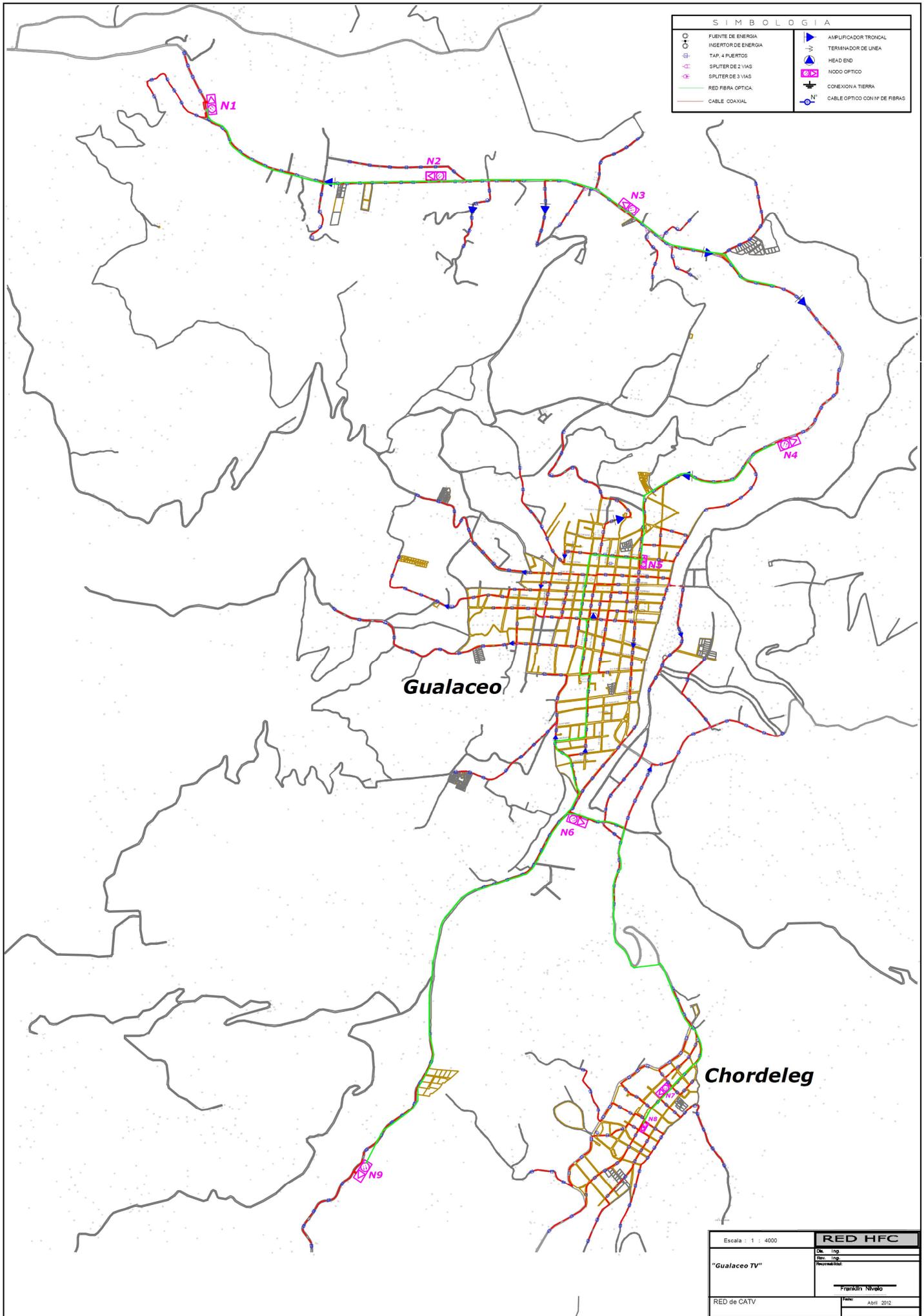
La señal que ingresa al televisor de cada usuario se encuentra también la señal del canal PPV, para poder recuperar ésta señal y poderla visualizar. Es necesario instalar un equipo diseñado especialmente para que module y filtre la frecuencia del canal PPV y recupere la sincronía de la portadora de video. La acción de este filtro se limita exclusivamente al canal pago por ver y no tiene efecto alguno sobre la frecuencia del resto de canales. Para acceder a este servicio el usuario debe cancelar un costo adicional al pago mensual.

3.4. ANALISIS TECNICO DE Gualaceo TV

3.4.1. Sectores que Brinda el Servicio de Televisión por Cable

Gualaceo TV se encuentra prestando sus servicios en los cantones de Gualaceo y Chordeleg, tiene distribuido su red en los barrios de los cantones mencionados.

1. Tabla 3.14. Atenuación del cable coaxial RG6 con respecto a la frecuencia. HONGFENG, HFC network application-2007.



Escala : 1 : 4000	RED HFC
"Gualaceo TV"	Dib. Ing. Ejec. Ing. Revisado por:
RED de CATV	Franklin Nivelo
	Fecha: Abril 2012

3.4.2. Descripción de la Infraestructura de Gualaceo TV

La empresa de televisión por cable Gualaceo TV posee una red HFC en la cual se distinguen las siguientes partes:

- Cabecera
- Red primaria
- Nodo óptico
- Red de distribución
- Red de acometida

3.4.2.1. Cabecera

La cabecera de Gualaceo TV se encuentra ubicada en la calle Manuel Moreno entre Dávila Chica y Manuel Guillen en el centro de la ciudad de Gualaceo, en este lugar se reciben las señales de televisión provenientes de satélites y estaciones terrenas a través de diferentes tipos de antenas.

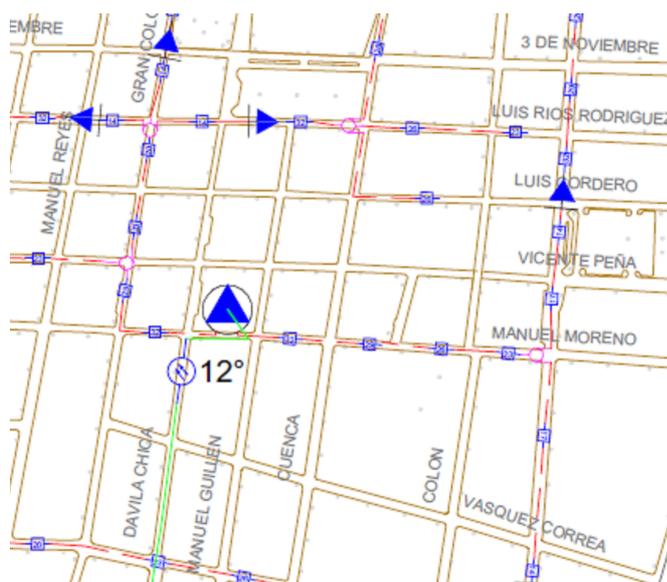


Figura 3.22. Ubicación del HEAD END de Gualaceo TV^[1]

En la actualidad la cabecera posee los siguientes equipos:

- Antenas para recepción satelital
- Antenas para recepción terrestre
- Decodificadores
- Demodulador

1. Figura 3.22. Ubicación del HEAD END de Gualaceo TV. Datos tomados de la ubicación de la cabecera de Gualaceo TV.

- Moduladores
- Combinador
- Amplificador de cabecera
- Transmisor óptico
- Coupler óptico
- ODF
- Sistema de refrigeración
- Sistema eléctrico de emergencia

3.4.2.2. Antenas para la Recepción Satelital

La empresa de GUALACEO TV cuenta con 7 antenas parabólicas, de las cuales 6 se encuentran trabajando en la banda C del espectro electromagnético, que está comprendido entre los 4 GHz y los 6 GHz, una antena se encuentra trabajando en la banda Ku del espectro electromagnético la cual está comprendida entre los 10,75 GHz y los 12,95 GHz. La captación de canales internacionales se la realiza en las frecuencias comprendidas a la banda C entre los 3.7 GHz y los 4.2 GHz y la banda Ku entre los 11.7GHz y los 12.3GHz, tanto en polarización vertical como en horizontal, dependiendo del satélite a utilizar. Para la prestación del servicio de televisión la empresa GUALACEO TV recepta las señales de los siguientes satélites:

- HISPASAT 1C
- NNS806 (INTELSAT 806)
- INTELSAT 3R
- INTELSAT 9
- INTELSAT 805
- INTELSAT 1R
- SATMEX 5



Figura 3.23. Antenas de recepción satelital de la estación terrena GUALACEO TV^[1]

3.4.2.3. Antenas para la Recepción Terrestre

La empresa GUALACEO TV cuenta con 4 antenas Yagi-Uda para recepción de las diferentes señales de televisión abierta, están instaladas estratégicamente sobre un mástil de soporte metálico, para evitar posibles interferencias debido a construcciones altas y de señales emitidas por otras fuentes.



Figura 3.24. Antenas para recepción terrestre de la estación terrena GUALACEO TV^[1]

3.4.2.4. Decodificadores

La antena satelital recepta las señales de los satélites que viene encriptados mediante códigos que designados por cada proveedor de canales.

1. Figura 3.23. Antenas de recepción satelital de la estación terrena Gualaceo TV. Imagen tomada de las instalaciones de Gualaceo TV.

2. Figura 3.24. Antenas para recepción terrestre de la estación terrena Gualaceo TV. Imagen tomada de las instalaciones de Gualaceo TV.

Este equipo se encarga de separar los distintos canales provenientes de un mismo satélite utilizando el código proporcionado por el proveedor para desbloquear la señal del canal receptado, obteniendo a la salida la señal de audio y video por separado. Gualaceo TV ofrece 74 canales en total, entre 60 canales internacionales, 13 canales nacionales y 1 canal local de la empresa Gualaceo TV.

3.4.2.5. Demodulador

Las antenas de recepción terrestre captan las señales de los canales nacionales o locales, y se las introduce en el equipo demodulador. En el Ecuador, varios canales se transmiten en frecuencias, y mediante este equipo, se discrimina la señal con mejores niveles de recepción. Este equipo posee una programación sencilla, ya que necesita como parámetros la frecuencia a captar y la frecuencia de salida de la señal, y se obtendrá a la salida la señal de audio y la de video por separado.

3.4.2.6. Moduladores

Cuando las señales de audio y video son obtenidas de cada uno de los canales internacionales y de cada canal nacional, son introducidas en un equipo modulador, Gualaceo TV utiliza 74 moduladores, este equipo ecualiza la señal para corregir la diferencia de amplitud en función de la frecuencia provocada por el cable. Las señales son filtradas para eliminar los armónicos propios de la modulación a continuación las portadoras moduladas de audio y video son amplificadas para garantizar calidad en la señal del canal.

3.4.2.7. Combinador

Cada modulador entrega la señal modulada a una determinada frecuencia, todas las señales deben viajar por el mismo canal que es el cable coaxial, se emplean 5 combinadores para Gualaceo TV, los cuales multiplexan en frecuencia las señales que reciben. Una vez que todas las señales son combinadas en una sola, se realiza una verificación de la cantidad de intensidad en los canales bajos y los canales altos, la señal pasa a un amplificador troncal, las salidas del amplificador son derivadas una parte se distribuye hacia los usuarios más cercanos a la cabecera que es el centro urbano de Gualaceo mientras que la otra parte pasa a los transmisores ópticos, para que se transmita hacia la red troncal.

3.4.2.8. Amplificador de Cabecera

Para poder monitorear la señal que se está enviando, es necesario tener una pequeña red de distribución la misma que constara de un amplificador que se encuentra ubicado dentro de la

cabecera, en el cual se monitorea como se está emitiendo la señal. Este amplificador nos servirá para realizar las calibraciones necesarias de la señal que se emite a los usuarios.



Figura 3.25. Amplificador GI SX Trunk Station^[1]

3.4.2.9. Transmisor Óptico

Equipo encargado de transformar la señal de radiofrecuencia compuesta por todos los canales a transmitir en pulsos de luz, con la finalidad de ser transportado a través de la fibra óptica.

3.4.2.10. Coupler óptico

El splitter óptico sirve para dividir la señal obtenida de los transmisores ópticos en diferentes niveles de señal para enviar a los nodos ópticos ubicados en diferentes lugares.

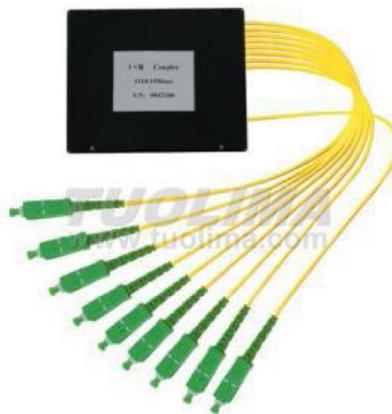


Figura 3.26. Splitter óptico Tuolima^[2]

3.4.2.11. ODF

El ODF nos sirve para ordenar las fibras de acuerdo a colores y distribuirla en los sectores que se brinda el servicio, también como protección de fusiones realizadas entre las distintas fibras ópticas que se derivan a los sectores donde se encuentran los nodos.

1. Figura 3.25. Amplificador GI SX Trunk Station. Amplificador GI SX Trunk Station. Dual Hybrid STARLIN E@ MB-750D-H Mini-Bridger.

2. Figura 3.26. Splitter óptico Tuolima. 1(N)xN SM Coupler. TUPLIMA. <http://www.tuolima.com/>

3.4.2.12. Sistema de Refrigeración

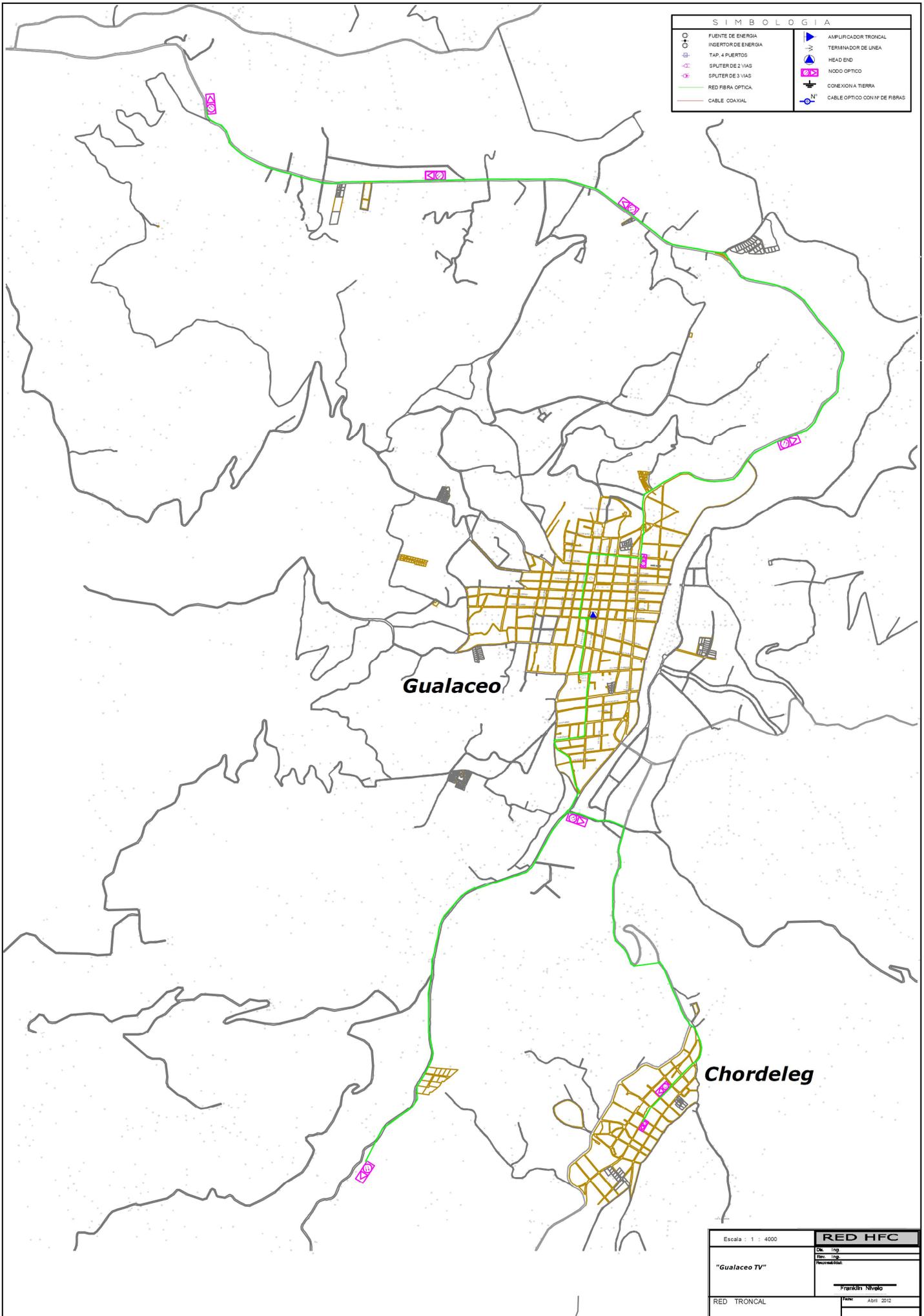
Los equipos activos instalados dentro de la cabecera emiten calor, esto podría producir sobrecalentamiento, se ha instalado un sistema de refrigeración que mantiene a los equipos en un margen de temperatura estable, para que no presenten problemas en su funcionamiento.

3.4.2.13. Sistema Eléctrico

Los sistema de distribución eléctrica no son lo suficientemente robustos y presentan fallas, la empresa dispone de un sistema de UPS que brinda un respaldo de aproximadamente 10 minutos, tiempo en el que la planta generadora a combustible entra en funcionamiento. Esto hará que se evita cortes del servicio a los clientes.

3.4.3. Red Troncal

Está conformada por la red de fibra óptica, se distribuye desde la cabecera hacia los nodos ópticos ubicados en distintos sectores de las ciudades, permitiendo llegar con el servicio a distancias muy lejanas.



SIMBOLOGIA			
	FUENTE DE ENERGIA		AMPLIFICADOR TRONCAL
	INSERTOR DE ENERGIA		TERMINADOR DE LINEA
	TAP 4 PUERTOS		HEAD END
	SPLITTER DE 2 VIAS		NODO OPTICO
	SPLITTER DE 3 VIAS		CONEXION A TIERRA
	RED FIBRA OPTICA		CABLE OPTICO CON IV DE FIBRAS
	CABLE COAXIAL		

Escala : 1 : 4000	RED HFC
"Gualaceo TV"	De: Ing. Elab: Ing. Proyectado:
	Franklin Nivelo
RED TRONCAL	Fecha: Abril 2012

3.4.3.1. Nodo Óptico

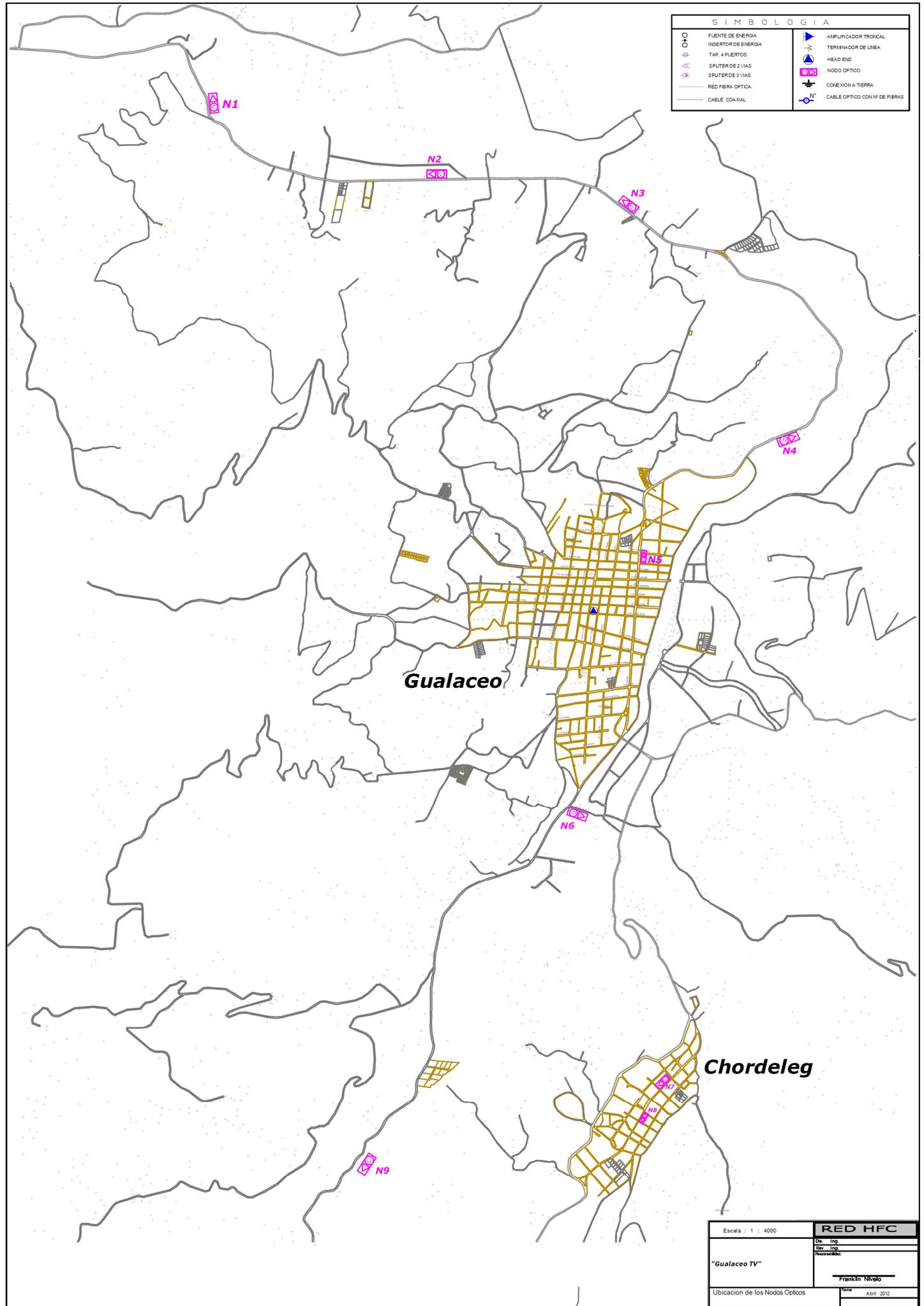
El nodo óptico es el equipo en que termina la red troncal y comienza la red de distribución. Estos equipos pueden estar instalados en los postes de energía eléctrica, y deben ser colocados en el centro de la zona a cubrir. La empresa cuenta con 9 nodos ópticos ubicados en las zonas detalladas.

- Nodo 1: Vía hacia Gualaceo Km 9
- Nodo 2: Vía hacia Gualaceo Km 7
- Nodo 3: Localidad de Certag (Vía hacia Gualaceo)
- Nodo 4: Ingreso hacia Gualaceo
- Nodo 5: Av. Jaime Roldos y Antonio Delgado (Gualaceo).
- Nodo 6: Rio San Francisco (Gualaceo)
- Nodo 7: Centro de Salud Chordeleg
- Nodo 8: Parque central de Chordeleg
- Nodo 9: Vía a la parroquia de San Juan.



Figura 3.27. Nodo óptico colocado en un poste de energía eléctrica ^[1]

1. Figura 3. 27. Nodo óptico de la Red de Gualaceo TV. Imagen obtenida de la red de Gualaceo TV.



3.4.4. Red de Distribución

Parte desde el nodo óptico de cada sector y tiene una estructura tipo bus de cable coaxial, lleva la señal proveniente de la cabecera hasta la última derivación antes de los usuarios. En esta parte de la red se utiliza cable coaxial estándar #500 con mensajero que conecta a los amplificadores, taps, divisores. En esta parte de la red contiene cable coaxial estándar #11 con mensajero. La red de distribución contiene amplificadores, Taps.

- Amplificadores bidireccionales.

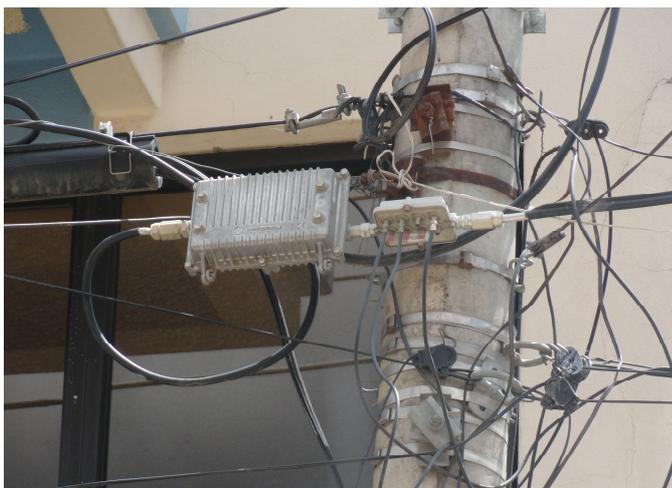


Figura 3.28. Amplificador de la red de Gualaceo TV^[1]

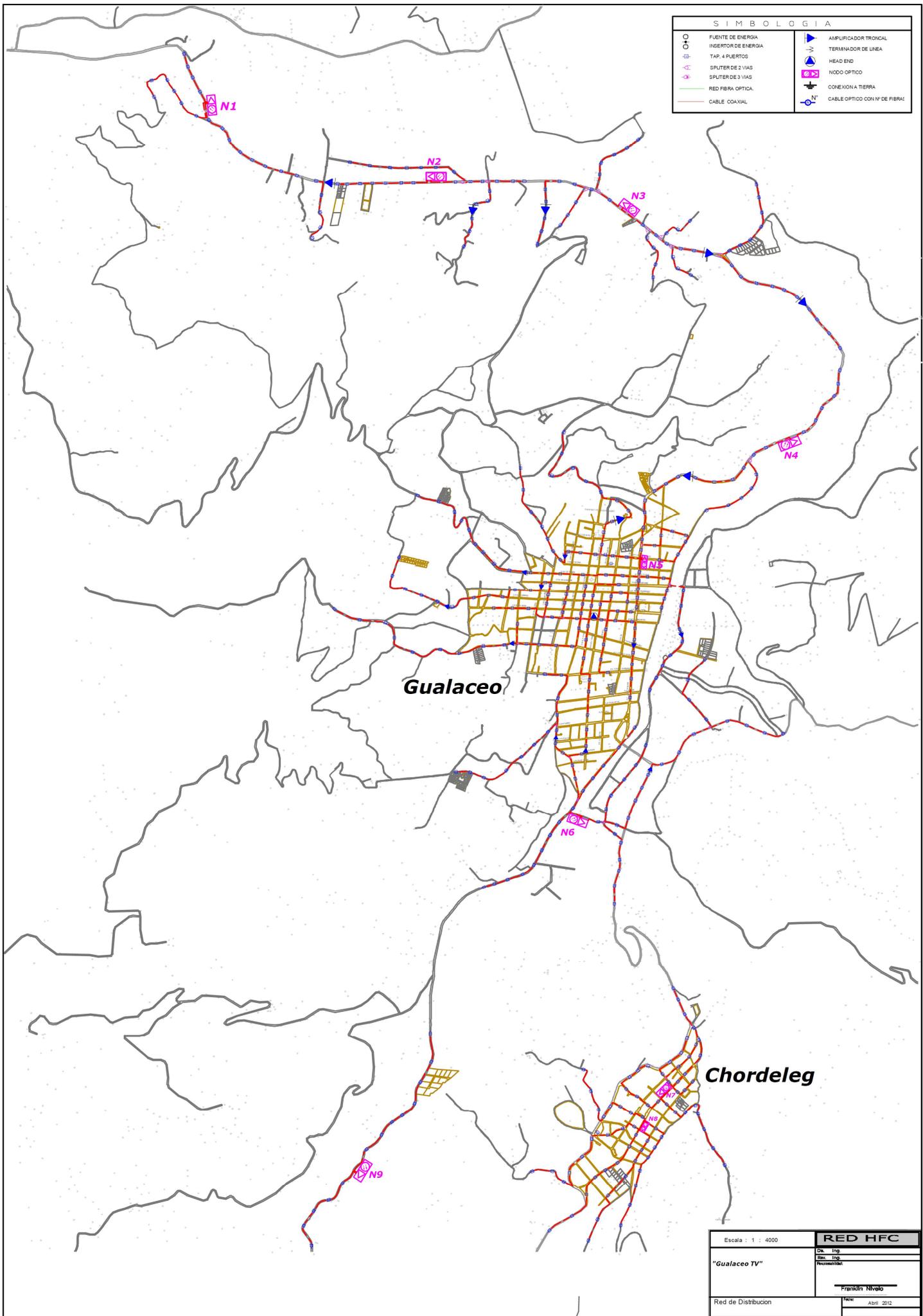
- Taps.



Figura 3.29. Tap de la red de Gualaceo TV^[2]

1. Figura 3.28. Amplificador de la red de Gualaceo TV. Imagen obtenida de la red de Gualaceo TV. Line Extender Models JLX-7-750P/LC, Installation Manual.

2. Figura 3.29. Tap de la red de Gualaceo TV. Imagen obtenida de la red de Gualaceo TV.



SIMBOLOGIA			
☉	FUENTE DE ENERGIA	▶	AMPLIFICADOR TRONCAL
⊖	INERTOR DE ENERGIA	⊘	TERMINADOR DE LINEA
⊕	TAP. 4 PUERTOS	⊙	HEAD END
⊗	SPLUTER DE 2 VIAS	⊚	NODO OPTICO
⊘	SPLUTER DE 3 VIAS	⊚	CONEXION A TIERRA
—	RED FIBRA OPTICA	⊚	CABLE OPTICO CON N° DE FIBRAS
—	CABLE COAXIAL		

Escala : 1 : 4000	RED HFC
"Gualaceo TV"	Dib. Ing.
	Rev. Ing.
	Revisión:
	Franklin Nivelo
Red de Distribucion	Fecha: Abril 2012

3.4.5. Red de Acometida

La señal de radio frecuencia llega al televisor del usuario a través de la red de acometida procedente de las salidas derivadas del tap. Para la red de acometida se utiliza cable coaxial estándar #6. Se debe tener muy en cuenta el nivel de señal que debe llegar a cada usuario, para que pueda recibir un servicio de excelente calidad.

3.4.6. Lista de Equipos de Gualaceo TV

Listado de los equipos del sistema de televisión por cable Gualaceo TV, se encuentran en el anexo 3.1.

3.5. ANÁLISIS DEL SISTEMA PROPUESTO PARA Gualaceo TV

El servicio de televisión por cable en una red HCF es unidireccional, significa que existe envío de información desde la cabecera hacia los usuarios, Gualaceo TV tiene conectado un hilo de fibra óptica hacia cada uno de los nodos para la transmisión de TV. El servicio Internet trabaja mediante la comunicación bidireccional, razón por la cual el sistema EPON + EoC trabaja de forma bidireccional, el cual realiza la comunicación en sentido ascendente (usuario-cabecera) y en sentido descendente (cabecera-usuario). El inconveniente presentado en la señal de televisión por cable es que viaja sin codificación hasta el usuario final, con lo se podría presentar que cualquier persona con conocimientos básicos sobre electrónica puede derivar la señal a nivel de la red de acometida mediante un splitter, sin que la empresa pudiera detectarlo. La colocación del splitters por el mismo usuario o por personas ajenas es recién detectable cuando el usuario se queja debido a la mala calidad de señal que llega a su televisor.

3.5.1. Modificación en el Diseño de la Red para la Trasmisión de Datos

La modificación del diseño para que la red convencional HFC sea capaz de ofrecer los servicios de datos consta de dos partes:

- La cabecera debe ser adecuada con los equipos necesarios para poder brindar el servicio de datos.
- La red de distribución se modificaría para que pueda trabajar de forma bidireccional con los datos.

Para brindar el servicio de datos se debe habilitar un canal descendente destinado a la transmisión de datos desde la cabecera al usuario y otro ascendente en sentido contrario, todos los usuarios podrán transmitir y recibir daros a través del mismo medio.

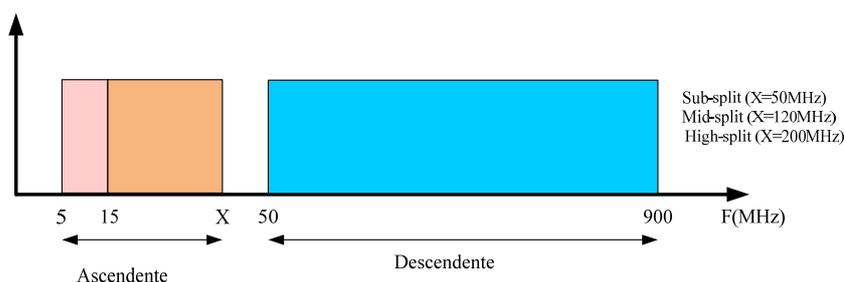


Figura 3.30. Espectro de frecuencias ascendentes y descendentes ^[1]

Para la distribución de las frecuencias generalmente se habilita la zona inferior del espectro para el canal ascendente, la división entre el espacio ascendente y el descendente se suele situar hacia los 50 MHz, estructuración llamada sub-split. Aunque esto es lo habitual, hay alternativas conocidas como mid-split y high-split, que sitúan la frontera entre ambos sentidos en torno a 120 y 200 MHz, respectivamente. Teóricamente el canal ascendente comienza en 5 MHz, en la práctica se dice que la zona entre 5 y 15 Mhz es altamente ruidosa, por lo que en muchos caso no se utilizara. La bidireccionalidad de la red obliga a que los amplificadores sean modificados para poder separar los canales ascendentes y descendentes, de modo que son amplificados por separado. En cuanto a la cabecera, se debe instalar un proveedor de servicios de Internet. El equipamiento necesario en la cabecera de la red dependerá del sistema que se requiera esto puede ser simétrico o asimétrico.

3.5.1.1. Sistema Simétrico

Los sistemas simétricos tienen un canal ascendente por un canal descendente. El ancho de banda de ambos canales será idéntico. En este caso se deberá instalar en la cabecera los siguientes dispositivos:

- **Convertidor de frecuencias:** Pasa el canal ascendente a uno descendente es necesario uno por cada par de canales habilitados para transmitir datos.

Módem de referencia: Este módem está conectado a Internet por medio del router perteneciente al proveedor de servicios. A demás está unido a la red de cable a través del convertidor de frecuencias, siendo su entrada la salida del convertidor y su salida la entrada de este.

1. Figura 3.30. Espectro de frecuencias ascendentes y descendentes. Motorola intelligence everywhere. Fundamentos de los Sistemas de Cable. Motorola Document Classification, Canopy Enterprise Solution, Rev. 2.0. 2006.

Esto implica que todo el tráfico del canal ascendente pasa a través del convertidor de manera transparente al canal descendente con lo que se está ocupando ancho de banda innecesariamente caso de que el destinatario se encuentre en otra red o subred.

- **Software de control del sistema:** Un ordenador situado en la cabecera se encargará de todas las funciones de gestión de red. Podremos utilizar el estándar e gestión de red de Internet SNMP (Simple Network Management Protocol) sobre una plataforma Unix o un software desarrollado por alguna compañía fabricante de módems de cable.

3.5.1.2. Sistema Asimétrico

En los sistemas asimétricos cada subred está formada por varios canales ascendentes y un canal descendente lo que se deduce que el ancho de banda de éste será mayor al de los canales ascendentes. En este caso deberemos añadir a los componentes de proveedor un ordenador con el software de control de la red y un equipo de cabecera formado por:

- **Módulo de recepción:** Se debe tener en el equipo de cabecera tanto módulos de recepción como canales ascendentes. La salida de estos módulos tendrá un formato estándar como puede ser Ethernet e irá conectada a otra parte del equipo de cabecera que ejercerá la función de encaminamiento de los paquetes de datos. Puesto que el número de canales ascendentes aumentará con el nivel de penetración del servicio de acceso a Internet. El número de módulos de recepción del equipo de cabecera deberá ser fácilmente ampliable.
- **Módulo de encaminamiento:** En esta parte del equipo de cabecera se analizará cada paquete de datos para decidir si debe ser enviado a una subred del sistema de cable o hacia Internet. De este modo se evitará la ocupación indebida del ancho de banda de la red.
- **Módulo de transmisión:** Se necesitara uno por cada canal descendente habilitado para la transmisión de datos. La entrada de estos tendrán el mismo formato que las salidas del módulo de recepción y será una de las salidas del módulo de encaminamiento. Este dispositivo se encargara de difundir los parámetros de operación que recibe periódicamente del sistema de gestión de red a los módems que están funcionando en el sistema y transmitir cada cierto tiempo un conjunto de parámetros para que los módems recién conectados puedan configurarse. De esta forma, los módems están continuamente adaptados a las características cambiantes del canal.
- **Software de control del sistema:** este será similar al necesario para sistemas simétricos.

La red de distribución de Gualaceo TV está instalada con cable coaxial #11 y cable coaxial 500, esto implica que se tenga muchas pérdidas de la señal con el cable 11, de preferencia será optar por el cambio a cable coaxial 500. También se realizara un chequeo de los amplificadores para habilitar su funcionamiento en forma bidireccional. Todos los potenciales clientes requieren mayor capacidad, calidad, confiabilidad y por supuesto, precios módicos que les permitan mantenerse en el actual mercado competitivo con una cierta ventaja frente a sus similares. Partiendo de esta breve visión se considera que la implementación de una red EPON permitirá a la empresa Gualaceo TV suministrar servicios de banda ancha basados en fibra óptica a empresas de todos los tamaños y usuarios residenciales, sin la necesidad de disponer de costosos componentes electrónicos activos en la planta exterior, permitiendo que las organizaciones cuenten con servicios de ancho de banda que requieren, a un precio atractivo. Para brindar los servicios de Internet y TV por cable utilizando una sola red, se requiere una actualización de la infraestructura para que puedan interactuar estos servicios y así soportar altas velocidades de transferencia de datos. La dimensión del mercado determina el número de clientes, por lo tanto, el número de conexiones necesarias para ofrecer una gran calidad en el servicio. Esta cifra depende del número de habitantes y del grado de penetración actual de los clientes con acceso a Internet y el resto de servicios que una red de telecomunicaciones les pueda proporcionar.

3.5.2. Dimensionamiento de la Red

La planta externa de la red EPON se debe adaptar a las rutas que seguirá la fibra, considerando las no linealidades de las calles, avenidas, etc y puntos nuevos donde se desee brindar el servicio. En la figura 3.35 presenta la topología punto-multipunto con la que se ha optado para trabajar en este diseño, ya que partiendo de un equipo central se puede distribuir los servicios a un número determinado de usuarios finales.

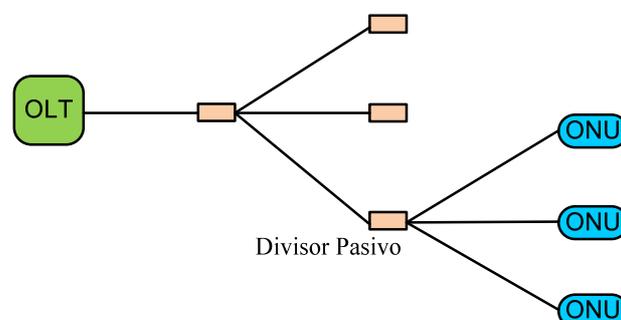
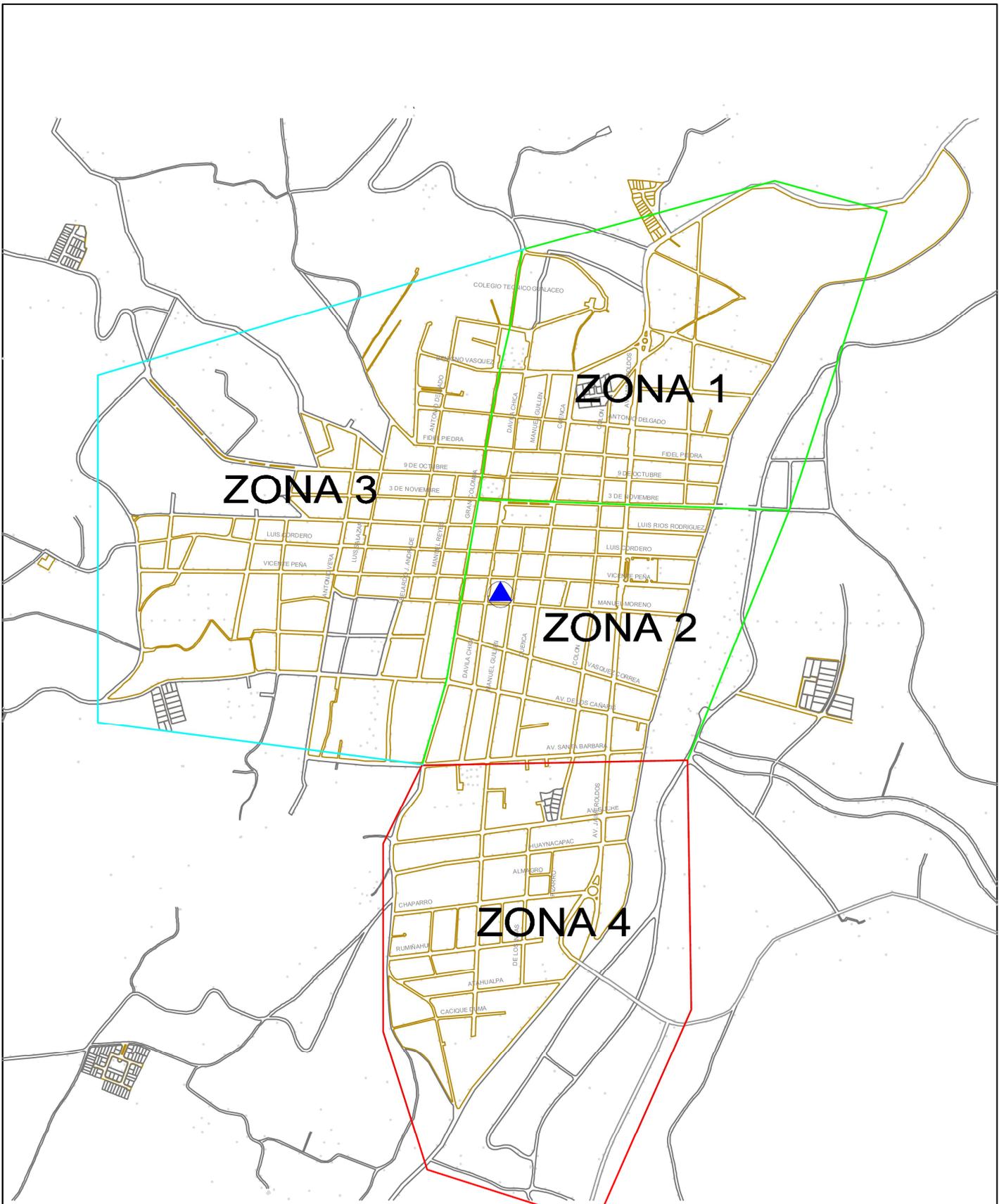


Figura 3.31. Topología punto-multipunto^[1]

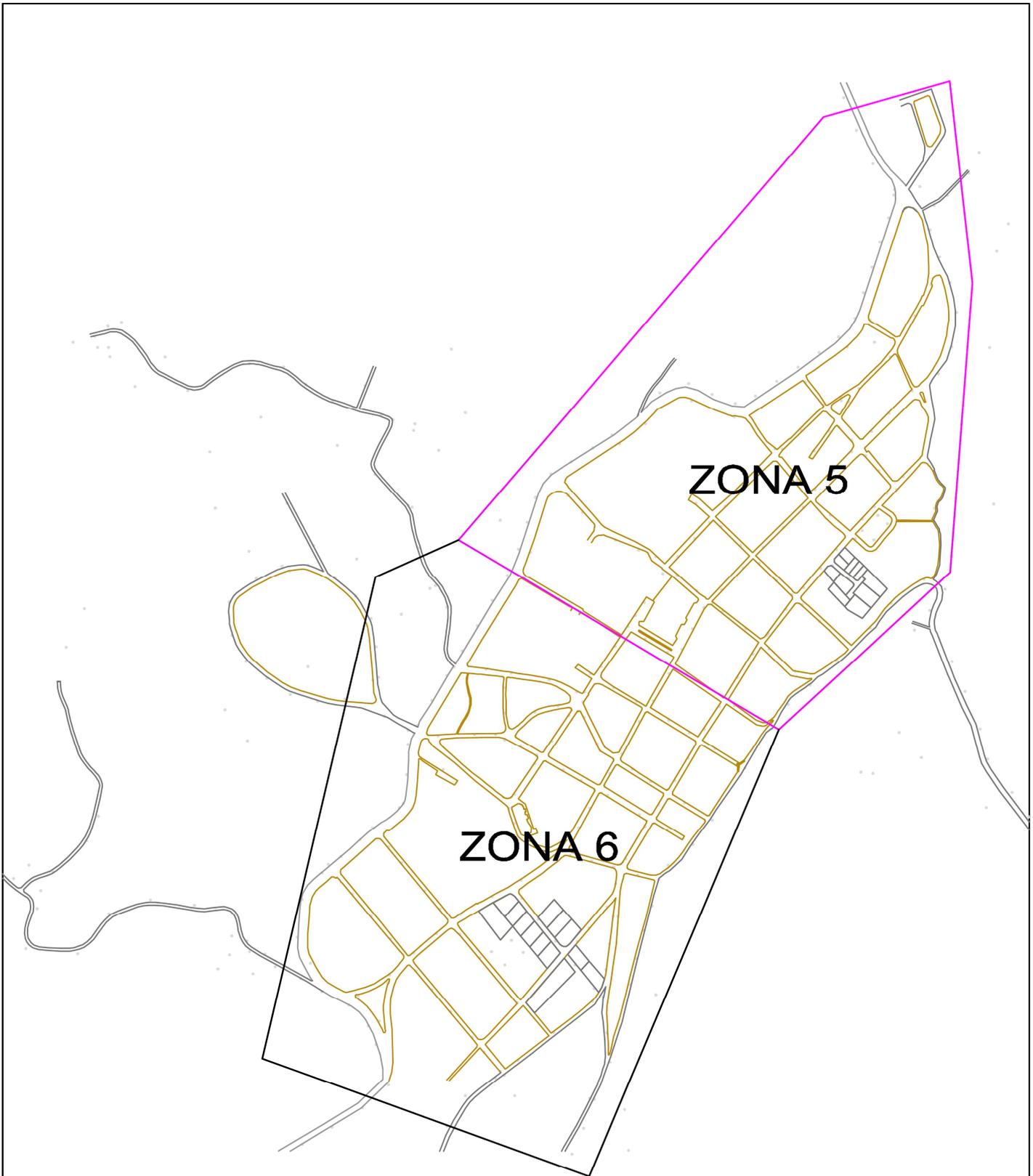
1. Figura 3.31. Topología punto-multipunto. KRAMER Glen. *Ethernet Passive Optical Networks*. Copyright © 2005 by The McGraw-Hill Companies.

Las zonas de cobertura seleccionada serán los sectores del centro urbano de los cantones Gualaceo y Chordeleg. A estos sectores se le dará servicio a través de la red de tecnología EPON, y como última milla a través de la red de cable coaxial. Se conectara desde la cabecera hacia los puntos donde se colocarán los *splitters* conectados a través de fibra óptica. De estos *splitters*, salen las diferentes fibras hasta cada uno de los ONUs. Para un mejor detalle se ha dividido el área de cobertura en 6 zonas, se pretende alcanzar a cubrir el centro urbano de Gualaceo y Chordeleg. Este tipo de *splitters* ha sido seleccionado en base a que actualmente Gualaceo TV trabaja con cajas de empalme de fibra de 6 salidas y esto abarataría los costos en la parte de la implementación de la red de fibra. La división de zonas se realiza de acuerdo a la ubicación y proximidad de los usuarios. La cobertura que ofrece esta tecnología permite llegar hasta los 20 kilómetros, pero la gran densidad de usuarios en la ciudad hace recomendable la posibilidad de colocar diferentes *splitters* repartidos cerca de las zonas definidas a brindar el servicio y realizar las conexiones punto a punto hasta los destinos.



SIMBOLOGIA			
	FUENTE DE ENERGIA		AMPLIFICADOR TRONCAL
	INSERTOR DE ENERGIA		TERMINADOR DE LINEA
	TAP 4 PUERTOS		HEAD END
	SPLITER DE 2 VIAS		NODO OPTICO
	SPLITER DE 3 VIAS		CONEXION A TIERRA
	RED FIBRA OPTICA		CABLE OPTICO CON N° DE FIBRAS
	CABLE DE RED TRONCAL		

Escala : 1 : 4000	RED HFC
"Gualaceo TV" (Canton Gualaceo)	Dis. Ing. Rev. Ing. Responsable:
ZONAS EN EL AREA DE COBERTURA	Franklin Nivelio
	Fecha: Abril 2012



S I M B O L O G I A			
	FUENTE DE ENERGIA		AMPLIFICADOR TRONCAL
	INSERTOR DE ENERGIA		TERMINADOR DE LINEA
	TAP, 4 PUERTOS		HEAD END
	SPLITER DE 2 VIAS		NODO OPTICO
	SPLITER DE 3 VIAS		CONEXION A TIERRA
	RED FIBRA OPTICA.		CABLE OPTICO CON N° DE FIBRAS
	CABLE DE RED TRONCAL		

Escala : 1 : 4000	RED HFC
"Gualaceo TV" (Canton Chordeleg)	Dis. Ing.
	Rev. Ing.
	Responsabil:
	Franklin Nivelio
ZONAS EN EL AREA DE COBERTURA	Fecha: Abril 2012

Para la división de zonas se considera dos niveles de división (*splitting*), el primero será a partir del primer *splitter* en el punto estratégico de cada zona a cubrir, el segundo en los sitios estratégicos de la zona donde se colocaran los ONUs para cubrir la área establecida, las salidas adicionales de los *splitter* quedan como proyección de llegar a nuevas zonas en un futuro.

3.5.3. Requerimiento de Equipos

La tecnología de la red EPON utiliza 3 longitudes de onda, para la separación de los tipos de señales:

- 1310nm para voz y datos, desde el ONU hacia el OLT (*Upstream*, del cliente a la central).
- 1490nm para voz y datos, desde la OLT al ONU (*Downstream*, de la central al cliente).
- 1550nm para video de RF, desde la oficina central al ONU (*Downstream*).

Las tres longitudes de onda se combinan en un multiplexor WDM (*Wavelength Division Multiplexer*). Para poder entregar la señal de video al usuario final se necesita un transmisor de video en la longitud de onda de 1550nm que se encontrará en la cabecera de Gualaceo TV. La señal de video pasara por un amplificador de fibra dopada con Erblio (EDFA), y finalmente mediante un multiplexor WDM se combinarán las longitudes de onda que participan en el proceso. El amplificador EDFA es un elemento de amplificación de la señal de vídeo RF. Recibe una señal óptica de video RF y amplifica a niveles de potencia adecuados para la transmisión óptica. Es basado en Fibra Dopada con Érbio. Se ha seleccionado la cabecera de Gualaceo TV como Oficina Central, por varios motivos, es un punto céntrico en la zona de cobertura y cuenta con el espacio físico suficiente para la instalación de nuevos equipos.

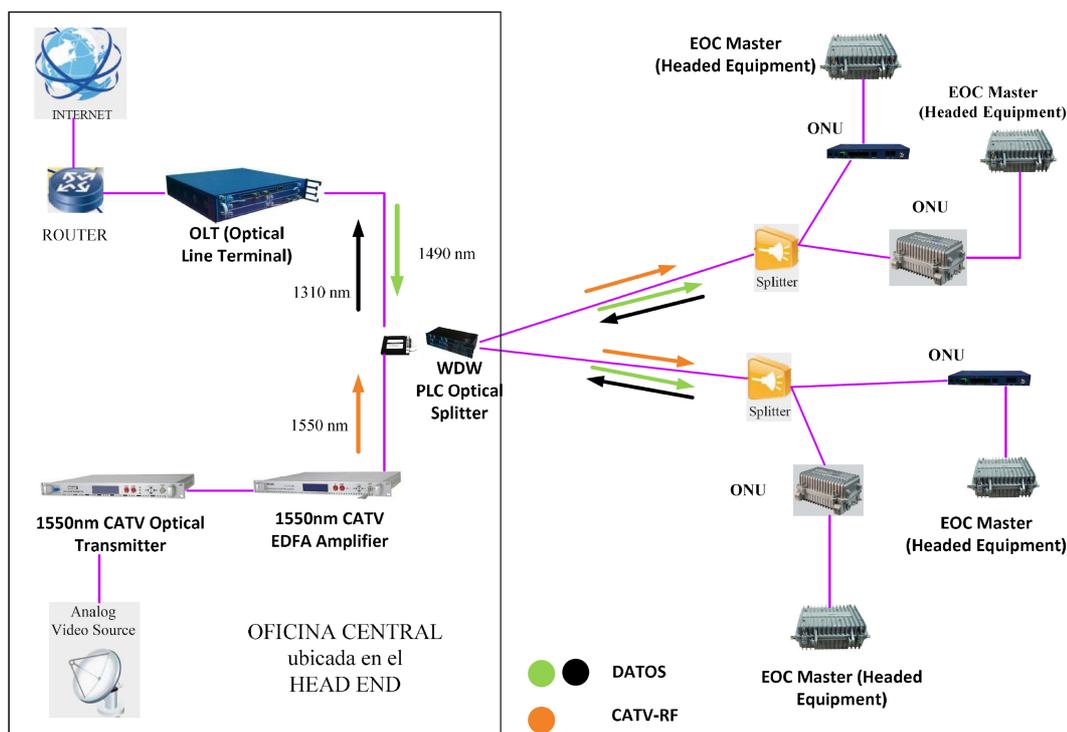
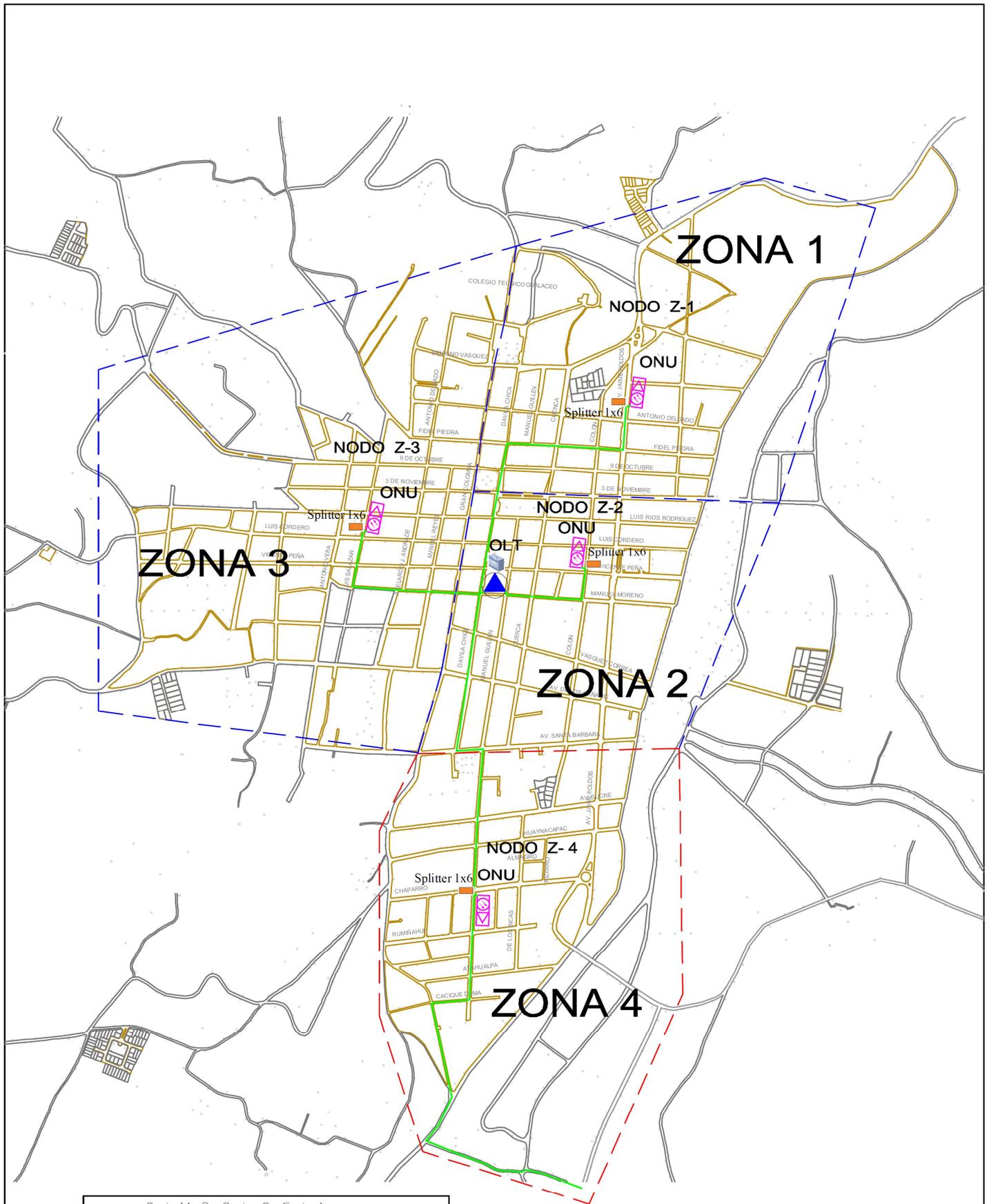


Figura 3.32. Diseño genérico de la red EPON + EOC^[1]

3.5.4. Ubicación de los Equipos

Para la ubicación de los equipos en la red EPON se toma como referencia la distribución de la red de fibra óptica existente y los usuarios que requieren nuestros servicios, se implementarán equipos adicionales, para brindar el servicio a las zonas establecidas con mayor demanda, pero también existirán zonas que no existan la red de fibra en donde será necesario implementarla. Se ha designado como oficina central el HEAD END desde este punto se cubrirá todas las zonas establecidas, la oficina central se enlazarán con un hilo de fibra y uno de respaldo a cada zona donde se colocará un splitter primario de 1 x 6, el cual alimentará al ONU de esa zona y se proyecta las salidas restantes del splitter para futuros clientes y extensión de la red.

1. Figura 3.32. Diseño genérico de la red EPON. O, James, Farmer, BOURG, Bourg, "Practical Deployment of Passive Optical Networks", An Enablence Technologies Company, IEEE Communications Magazine, Vol. 46, No. 7, Julio del 2008.



ZONA 3

ZONA 1

ZONA 2

ZONA 4

NODO Z-3

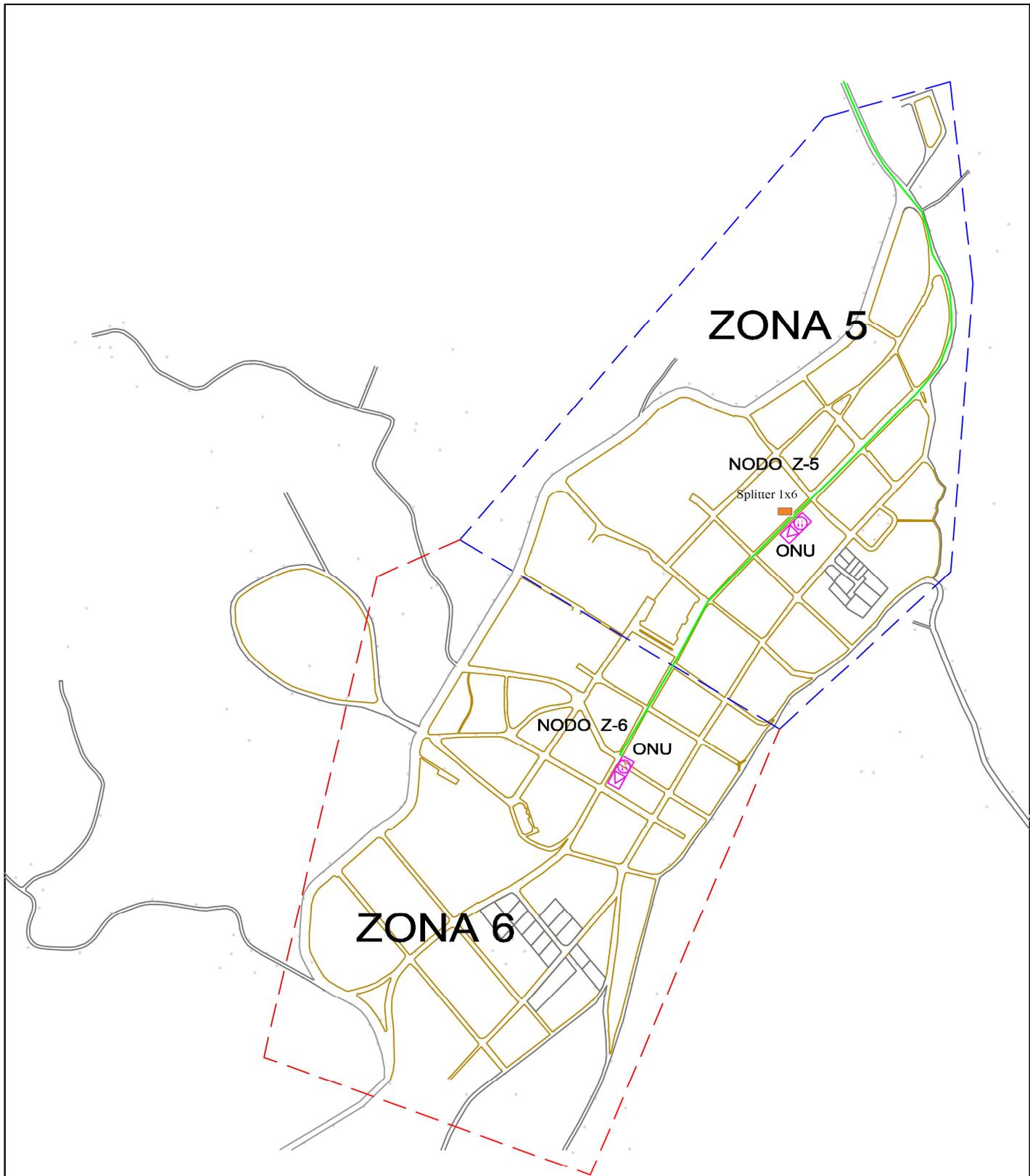
NODO Z-1

NODO Z-2

NODO Z-4

S I M B O L O G I A			
	FUENTE DE ENERGIA		AMPLIFICADOR TRONCAL
	INSERTOR DE ENERGIA		TERMINADOR DE LINEA
	TAP 4 PUERTOS		HEAD END
	SPLITER DE 2 VIAS		NODO OPTICO
	SPLITER DE 3 VIAS		CONEXION A TIERRA
	RED FIBRA OPTICA		CABLE OPTICO CON N° DE FIBRAS
	CABLE DE RED TRONCAL		

Escala : 1 : 4000	RED HFC
"Gualaceo TV" (Canton Gualaceo)	Dis. Ing.
	Rev. Ing.
	Responsable:
	Franklin Nivelio
ZONAS EN EL AREA DE COBERTURA	Fecha: Abril 2012



S I M B O L O G I A			
	FUENTE DE ENERGIA		AMPLIFICADOR TRONCAL
	INSERTOR DE ENERGIA		TERMINADOR DE LINEA
	TAP. 4 PUERTOS		HEAD END
	SPLITER DE 2 VIAS		NODO OPTICO
	SPLITER DE 3 VIAS		CONEXION A TIERRA
	RED FIBRA OPTICA.		CABLE OPTICO CON Nº DE FIBRAS
	CABLE DE RED TRONCAL		

Escala : 1 : 4000	RED HFC
"Gualaceo TV" (Canton Chordeleg)	Dir. Ing.
	Rev. Ing.
	Responsable:
	Franklin Nivelio
ZONAS EN EL AREA DE COBERTURA	Fecha: Abril 2012

Los gráficos anteriores presentan los nodos que se encuentran dentro del área de cobertura y en el Apéndice 3.2 se presenta la tabla donde se detalla la ubicación geográfica de los nodos.

Los planos anteriores presentan los splitter que se utilizan en la red:

- *Splitter* Primario Número 1

El splitter tiene 6 derivaciones para splitter secundarios de las cuales una salida del splitter se encuentra conectada al ONU de la zona 1, las restantes quedan proyectadas para el crecimiento de la red y cubrir nuevas zonas.

- *Splitter* Primario Número 2

El splitter tiene 6 derivaciones para splitter secundarios de las cuales una salida del splitter se encuentra conectada al ONU de la zona 2, las restantes quedan proyectadas para el crecimiento de la red y cubrir nuevas zonas.

- *Splitter* Primario Número 3

El splitter tiene 6 derivaciones para splitter secundarios de las cuales una salida del splitter se encuentra conectada al ONU de la zona 3, las restantes quedan proyectadas para el crecimiento de la red y cubrir nuevas zonas.

- *Splitter* Primario Número 4

El splitter tiene 6 derivaciones para splitter secundarios de las cuales una salida del splitter se encuentra conectada al ONU de la zona 4, las restantes quedan proyectadas para el crecimiento de la red y cubrir nuevas zonas.

- *Splitter* Primario Número 5

El splitter tiene 6 derivaciones para splitter secundarios de las cuales dos salidas del splitter se encuentra conectada a los ONUs de las zonas 5 y 6, las restantes quedan proyectadas para el crecimiento de la red y cubrir nuevas zonas.

El *splitter* primario puede derivar 6 *splitters* secundarios, y los *splitters* secundarios pueden a su vez dar servicio a 6 ONUs, sin embargo, en este diseño, se ha considerado como pauta el hecho de colocar un *splitter* 1x6 en cada zona de cobertura con la finalidad de prever un crecimiento. De igual forma cada *splitter* será alimentado por un hilo de fibra de un cable 24 hilos, lo que permitirá duplicar la capacidad de usuarios, si fuera el caso, de un crecimiento de demanda. Se utilizará cable de fibra 24 hilos para toda la red troncal. El cable deberá ser de las características ADSS ^[1] para evitar tierras, monomodo, que cumpla con la norma G.652 ^[2] y *Loose Tube* ^[3].

1. ADSS (*All Dielectric Self-Supported*): Cable óptico auto-sustentado totalmente dieléctrico que fueron sometidos a rigurosas pruebas ambientales y mecánicas, además son inmunes a interferencias de las redes eléctricas y no son susceptibles a la caída de rayos ya que carece de elementos metálicos.

2. Recomendación G.652 UIT: Características de las fibras y cables ópticos monomodo.

3. *Loose Tube*: En este tipo de fibra, el recubrimiento primario no está ligado al recubrimiento secundario. Existe un total desvinculamiento mecánico entre la fibra óptica y el recubrimiento secundario, el cual es un tubo plástico. Concentric Core Loose tube 2-144 fibers TOL 401 2012 Duct cable GRHLDV dielectric.

Los módulos de unión y empalme (*Splice Enclosure*) optimizan la conectorización de la fibra, garantizando la integridad de la red. Se utilizan para realizar el sangrado ^[1] de la fibra y pueden almacenar en su interior varios *splitters* ópticos.



Figura 3.33. *Splice Enclosure* ^[2]

3.5.5. Análisis de Pérdidas en la Red de Fibra

La señal óptica al circular por medio de la fibra óptica presenta pérdidas, las medidas básicas para asegurar el correcto funcionamiento incluyen las pérdidas totales de extremo a extremo y las pérdidas de retorno. La medición de pérdidas en las redes EPON se tornan críticas las que, introducen los *splitters*. Al tratarse de conexiones punto a multipunto, existen muchos elementos y secciones que contribuyen a elevar la pérdida de retorno, que puede llegar a afectar la fuente. Además, el no controlar adecuadamente las pérdidas de retorno puede originar el efecto de MPI (*Multipath Interference*). Las múltiples reflexiones en distintos punto de la red, de la misma señal pueden llegar al receptor por distintos caminos, pero en momentos diferentes. Esto es especialmente importante para el caso de la transmisión de señales de TV, puede causar la aparición de “fantasmas” en la imagen. Es importante recalcar el tipo de láser que se usan tanto en la OLT como en la ONU, la señal de 1490nm es transmitida usando un láser DFB ^[3] (*Distributed Feedback*).

1. Sangrado de fibra.- Término que representa la separación de pocos cables de fibra de un cable con un gran número de fibras. En este caso, se usarán dispositivos para extraer el hilo de fibra donde se requiera sin necesidad de cortar todo el cable de fibra.

2. Figura 3.33. *Splice Enclosure*. <http://www.tuolima.com/>

3. DFB (*Distributed FeedBack Laser*).- Trabaja con una sola longitud de onda introduciendo unas crestas corrugadas o red de difracción, las mimas que reflejan solamente cierta longitud de onda de regreso al laser, por lo que únicamente la luz de esa longitud de onda es amplificada. Las ranuras corrugadas se ubican debajo de la zona activa. Con este tipo de laser se pueden conseguir anchuras espectrales inferiores a 0.1 nm. GaInNAs Distributed Feedback (DFB) Laser Diode.

La señal de *upstream* de 1310nm es transmitida usando un láser Fabry-Perot ^[1]. El servicio de video análogo es convertido a un formato óptico de 1550nm, usando un láser externo DFB. A continuación, se realizara un ejemplo de cálculo para el ONU más lejano, es decir, para aquel que se encuentra a 4,6 kilómetros desde el OLT. Esta distancia es tomada de la tabla del Anexo 3.2 en donde se detalla la ubicación y distancia del ONU de esta zona. Atenuación del Cable de Fibra Óptica, se usara fibra *Single Mode* (monomodo)

- SM, G.652D, 1310nm: 0,4 dB/Km.
- SM, G.652D, 1550nm: 0,35 dB/Km.

Estos valores de atenuación se encuentran normalizados en la Recomendación G.652 que, trata acerca de las características de los medios de transmisión de cables de fibra óptica.

Atenuaciones adicionales a considerar:

- *Splitter* 1x 6: 9.9 dB



Figura 3.34. Splitter 1x6 PLC ^[2]

- *Patchcord*: 0, 3 dB



Figura 3.35. Patchcords ^[3]

1. Fabry-Perot.- Este dispositivo consta básicamente de una cavidad resonante conformada por dos espejos planos semitransparentes colocados en forma paralela y separados a una determinada distancia.

2. Figura 3.34. Splitter 1x 6. YAMASAKI Optical Technology. http://www.office-center.cl/catalogo_es_yamasaki.pdf

3. Figura 3.35. Patchcords. <http://www.tuolima.com/>

- Evento 1 (E_1): Constituido por el primer *splitter* $1 \times N$, es decir, $9.9\text{dB} + 0,1\text{dB}$ por fusión del pigtail con el cable de 24 fibras asignado a Sector N.
- Evento 2 (E_2): ODF = $0,4 \text{ dB}$ por conector.



Figura 3.36. ODF para RACK ^[1]

- Evento 3 (E_3): Constituido por el *splice enclosure* que contiene al segundo *splitter*, el mismo que produce una atenuación de 9.9 dB y que se ubicará en cada zona más $0,1\text{dB}$ por fusión de hilo de entrada con pigtail + $0,4\text{dB}$ por conector de entrada + $0,1\text{dB}$ por fusión de hilo de salida con conector de salida.
- Evento 4 (E_4): Caja Terminal o manga que llega al nodo = $0,3\text{dB}$ por conector más $0,1\text{dB}$ por fusión de hilo de entrada con pigtail.

De tal manera que las pérdidas totales a considerar son:

$$P_T = (PC_1) + (E_1) + (POS \ 1 \times 6) + (E_2) + (E_3) + (POS \ 1 \times 6) + (E_4) + (Att \times D) + MS$$

Dónde:

E = Evento; $E_1 = 0,1 \text{ dB}$; $E_2 = E_4 = 0,4 \text{ dB}$; $E_3 = 0.6 \text{ dB}$

PC = *Patchcord* = $PC_1 = 0,3 \text{ dB}$

POS = *Passive Optical Splitter* = 9.9 dB

Att = coeficiente de atenuación de la fibra = $0,4 \text{ dB/km}$ (1310) y $0,35\text{dB/km}$ (1550)

D = Distancia al usuario más lejano = $4,6 \text{ Km}$.

1. Figura 3.36. ODF para RACK. <http://www.tuolima.com/>

MS = Margen de Seguridad = 3dB (Factor de seguridad que se debe dejar en un diseño, contemplando en él, efectos de degradación de los componentes del sistema, inexactitudes en el cálculo de pérdidas, reparaciones menores del sistema, nuevos requisitos del sistema)

$$P_T = (PC_1) + (E_1) + (2x E_2) + (2 \text{ POS } 1 \times 6) + (E_3) + (\text{Att} \times D) + MS$$

$$P_T = 0,3 + 0,1 + (2x0,4) + (2 \times \text{POS}) + 0,6 + (D \times \text{Att}) + MS$$

$$P_T = 0,3 + 0,1 + 0,8 + (2 \times 9,9) + 0,6 + (4,6 \times 0,4) + (3)$$

$$P_T = 0,3 + 0,1 + 0,8 + 19,8 + 0,6 + 1,84 + 3$$

$$P_T = 26,44 \text{ dB (1310 nm)}$$

$$P_T = 26,21 \text{ dB (1550 nm)}$$

Es necesario demostrar la factibilidad del enlace, es decir, tomando en cuenta la sensibilidad del ONU, saber si las pérdidas calculadas están dentro del margen permitido para el correcto funcionamiento del ONU.

3.5.6. Descripción de Dispositivos a Implementarse en la Red de Distribución y Acometida

La red de distribución comienza desde el nodo, para la red EPON el nodo estará constituido por el ONU el cual se encarga de recibir la señal óptica en diferentes longitudes de onda como para datos de Tx, Rx y la señal de televisión. También el nodo se encontrara el EoC master que se encarga de receptor la señal de datos y la señal de televisión proveniente del ONU para poder combinarlas y transmitir en un solo cable coaxial híbrido de datos y televisión.

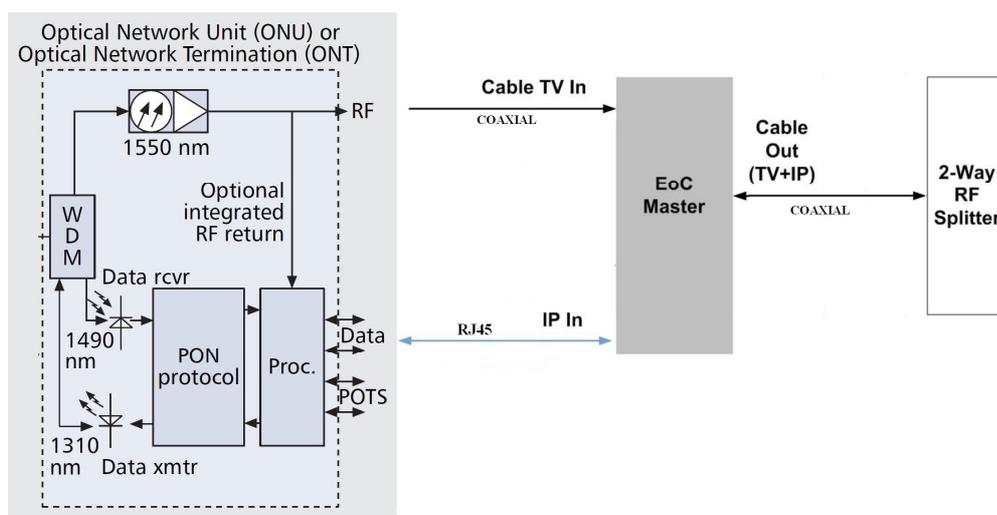


Figura 3.37. Esquema del nodo de la red EPON + EOC ^[1]

1. Figura 3.37. Esquema del nodo de la red EPON. O, James, Farmer, BOURG, Bourg, "Practical Deployment of Passive Optical Networks", An Enablence Technologies Company, IEEE Communications Magazine, Vol. 46, No. 7, Julio del 2008.

La señal RF híbrida de datos y televisión viaja a través de la red de cable coaxial existente de Gualaceo TV, para poder llegar a la red de acometida donde se brindara el servicio a los usuarios. Cada usuario de este servicio debe poseer un EoC esclavo donde se introducirá la señal de RF híbrida, de este equipo se lograra obtener una señal de televisión en cable coaxial y una salida de datos en RJ45 para el servicio de internet. El equipo terminal dispondrá de un demultiplexador mediante el cual se manejan los dos tipos de señales y además posee un módulo de RF que está integrado para conectarse a la señal híbrida de datos y televisión.

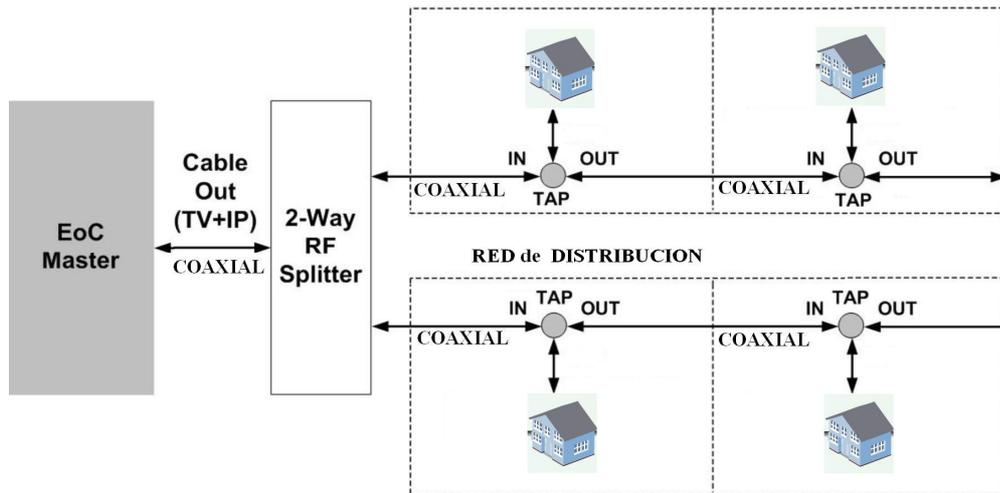


Figura 3.38. Esquema de la red de distribución con EoC ^[1]

3.5.7. Equipo del Usuario

El dispositivo EoC esclavo, que cuenta con el ingreso de la señal de radiofrecuencia a través de un cable coaxial nos presenta la señal de televisión y datos Ethernet, entrada de datos híbrido, y cuenta con un puerto de salida de televisión por cable y un puerto Ethernet RJ45 para acceso a datos. El EoC esclavo ofrece puertos de salida de cable para la televisión por cable y puertos de salida para Internet y VOIP con distancias de varios metros de longitud de alcance dependiendo del estándar utilizado.

1. Figura 3.38. Esquema de la red de distribución y acometida con EoC. DIGITAL HORIZON, Technical Specification. Ethernet over Cable Master, Connectin your Digitla Vision. www.dh-tv.com

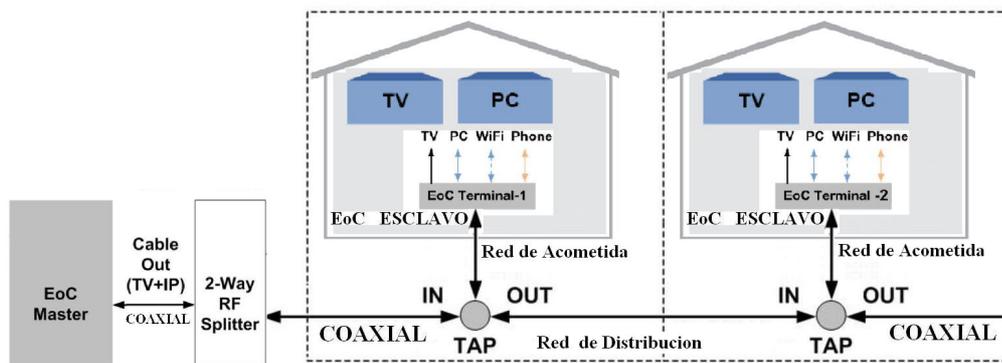


Figura 3.39. Esquema del EoC esclavo en la red de acometida ^[1]

3.6. DISEÑO FINAL

3.6.1. Oficina Central

La oficina central constará de un transmisor óptico de CATV 1550nm de marca VISTA además de un amplificador EDFA de CATV 1550nm de marca VISTA, un OLT modelo VISTA 1800, se colocará un splitter óptico PLC, y los respectivos ODFs para cada cable de fibra.

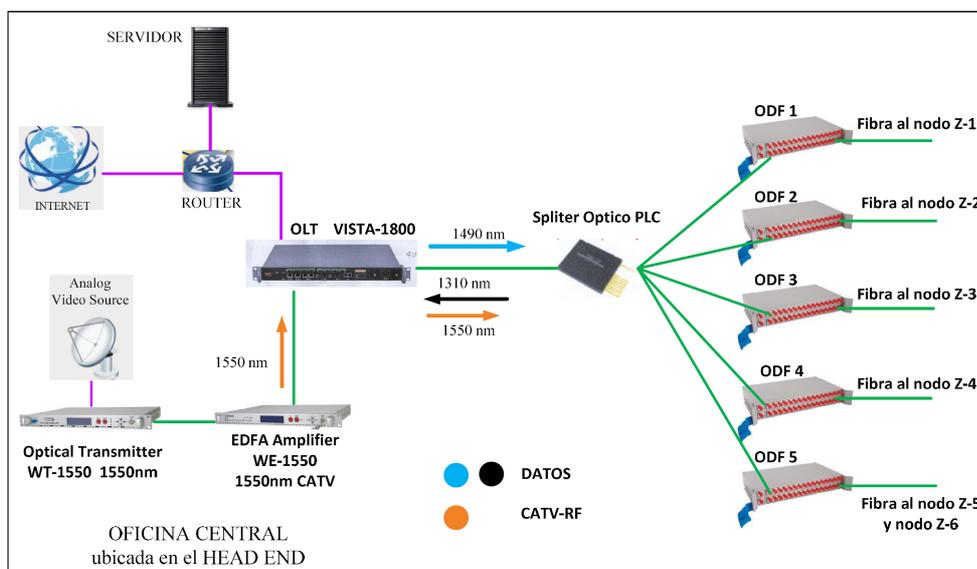


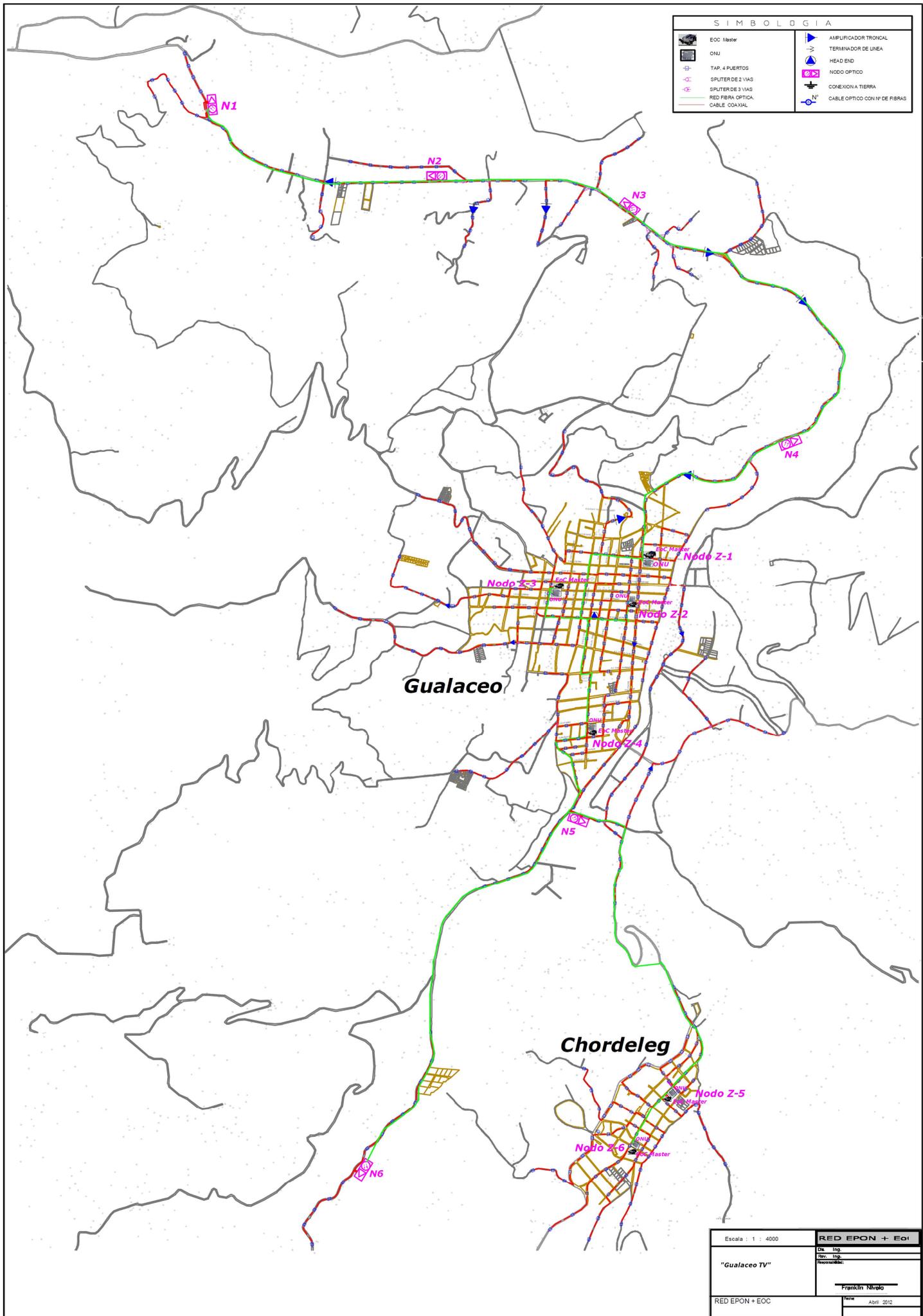
Figura 3.40. Equipos a implementarse en la cabecera para la red EPON + EoC ^[2]

3.6.2. Diseño de red EPON + EoC

La red EPON + EoC estará constituida por una red de fibra óptica que se distribuye desde la cabecera hacia los nodos establecidos, en cada nodo se colocará un ONU y el EoC master para la distribución en la red de cable coaxial.

1. Figura 3.39. Esquema del EoC esclavo en la red de acometida. DIGITAL HORIZON, Technical Specification. Ethernet over Cable Master, Connectin your Digitla Vision. www.dh-tv.com

2. Figura 3.40. Equipos a implementarse en la cabecera para la red EPON + EoC. Equipos de la marca VISTA. <http://www.ultravista-tech.com/> : <http://uvins.com/index.asp>



SIMBOLOGIA	
	AMPLIFICADOR TRONCAL
	TERMINADOR DE LINEA
	HEAD END
	NODO OPTICO
	CONEXION A TIERRA
	CABLE OPTICO CON N° DE FIBRAS

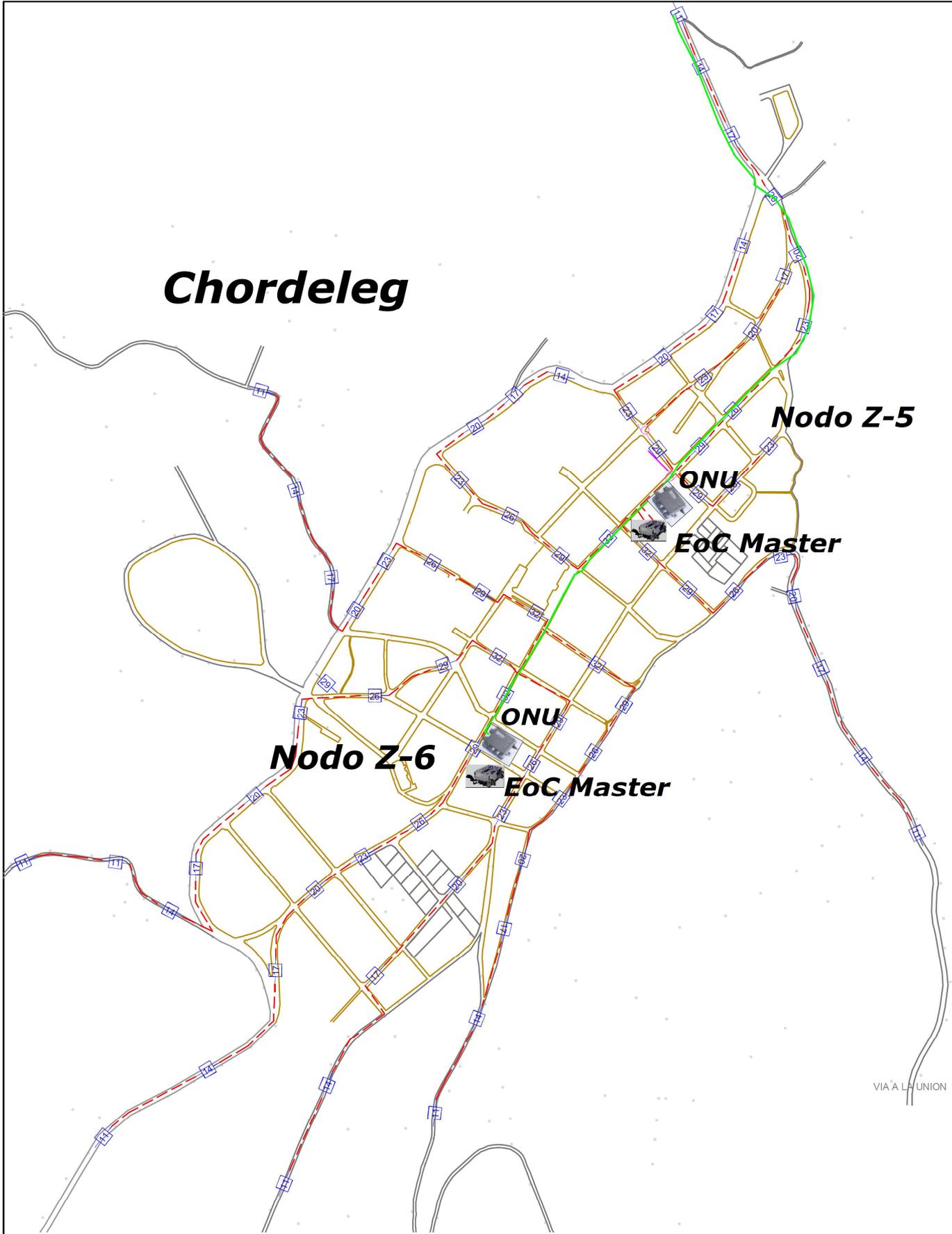
Escala : 1 : 4000	RED EPON + EoI
	Dis. Ing.
	Rev. Ing.
	Verificado
	Franklin Nivola
RED EPON + EOC	Fecha: Abril 2012



S I M B O L O G I A			
	EoC Master		AMPLIFICADOR TRONCAL
	ONU		TERMINADOR DE LINEA
	TAP, 4 PUERTOS		HEAD END
	SPLITER DE 2 VIAS		NODO OPTICO
	SPLITER DE 3 VIAS		CONEXION A TIERRA
	RED FIBRA OPTICA.		CABLE OPTICO CON N° DE FIBRAS
	CABLE COAXIAL		

Escala : 1 : 4000 "Gualaceo TV" (Canton Gualaceo) RED EPON + EoC	RED EPON + EoC Dis. Ing. Rev. Ing. Responsable: <hr/> Franklin Nivelio Fecha: Abril 2012
ZONAS EN EL AREA DE COBERTURA	

Chordeleg



S I M B O L O G I A

	EoC Master		AMPLIFICADOR TRONCAL
	ONU		TERMINADOR DE LINEA
	TAP, 4 PUERTOS		HEAD END
	SPLITER DE 2 VIAS		NODO OPTICO
	SPLITER DE 3 VIAS		CONEXION A TIERRA
	RED FIBRA OPTICA.		CABLE OPTICO CON N° DE FIBRAS
	CABLE COAXIAL		

Escala : 1 : 4000	RED EPON + EoC
RED EPON + EoC	Dis. Ing.
"Gualaceo TV" (Canton Chordeleg)	Rev. Ing.
	Responsable:
ZONAS EN EL AREA DE COBERTURA	Franklin Nivelo
	Fecha: Abril 2012

3.6.3. Red de Acometida

Para la red de acometida se realizara a través del cable coaxial RG6 que ingresara a la vivienda del usuario final, constara de una señal hibrida de video y datos esta señal será ingresada en un equipo designado como EoC esclavo el cual se encargara de entregar la señal de video y datos separadas.

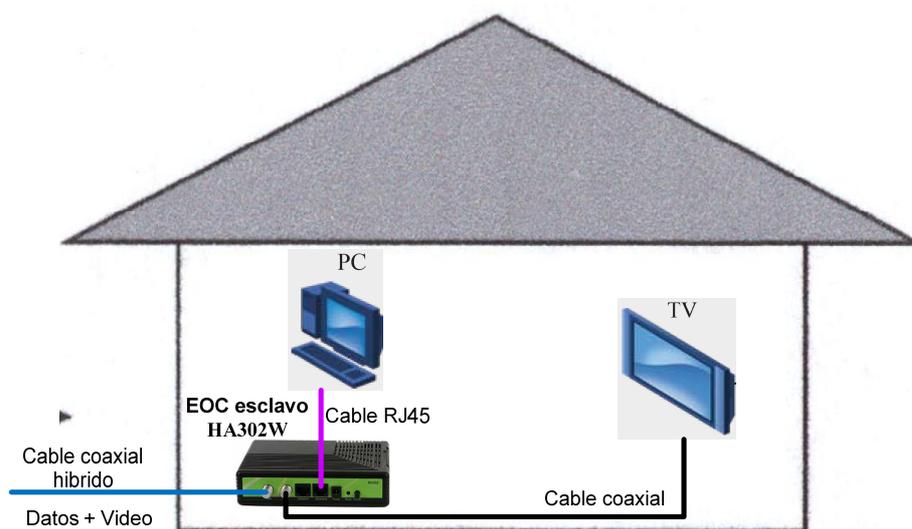


Figura 3.41. Implementación del EOC esclavo HA302W

3.7 LISTA DE EQUIPOS REQUERIDOS

Lista de equipos de para la implementación del sistema EPON + EoC se encuentran en la tabla del anexo 3.3.

3.8. VENTAJAS y DESVENTAJAS

3.8.1. Ventajas

- La fibra óptica como medio de transmisión en las redes ópticas pasivas (PON) se ha convertido actualmente en una de las mejores opciones tecnológicas para redes de acceso y se ha escogido la tecnología EPON porque soporta todo tipo de tráfico esto permite brindar servicio de voz, datos y video, para ser servido con calidad requiere de un gran ancho de banda.
- La implementación de la fibra óptica en servicios de datos de banda ancha permite alcanzar distancias de hasta 20 km y los problemas de ruido, atenuación e interferencia se minimizan por los elementos pasivos que se utilizan.
- La característica clave de las redes PON es la capacidad de sobresuscripción. Esto permite a los operadores ofrecer a los abonados más tráfico cuando lo necesiten y

cuando en la red no haya otros abonados que están empleando todo el ancho de banda disponible en la red.

3.8.2. Desventajas

- Es una tecnología nueva en el mercado de las telecomunicaciones en nuestro país, los costos de implementación y operación todavía son altos.
- Es necesario contar con personal capacitado en estas nuevas tendencias tecnológicas ya que indiscutiblemente la infraestructura de telecomunicaciones apunta al crecimiento con mayores y mejores servicios.

CAPITULO IV

ANALISIS ECONOMICO

4.1. ESTUDIO DE MERCADO

4.1.1. Introducción

La aplicación del estudio de mercado en una empresa representa un análisis importante cuando se requiere su inicialización en un medio desconocido, este estudio tiene la finalidad reunir información sistemática, el cual puede influir en la toma de decisiones de la empresa o señalar planes de acción adecuados dependiendo de sus necesidades. Es indispensable señalar que el mercado no necesariamente se encuentra en una área física o en un edificio, sino que desde un punto de vista de una investigación, el mercado, es cualquier organización en la que compradores y vendedores de un bien o servicio están en contacto unos con otros a fin de efectuar una transacción de compra-venta a un precio determinado. El estudio de mercado, resulta varias de las veces una investigación compleja de realizar, pues se procesan varias herramientas estadísticas y al mismo tiempo cuenta con variables muy difíciles de predecir acertadamente. Para la dirección superior es un apoyo que no garantiza una solución buena en todos los casos, más bien es una guía que sirve solamente de orientación para facilitar la conducta en los negocios y que a la vez trata de reducir al mínimo el margen de error posible.

4.1.2. Planteo de Objetivos del Estudio

La realización del estudio de mercado es un paso muy importante en la inicialización de un sistema de servicio de valor agregado pues permite a la empresa conocer el mercado meta al cual va a dirigirse además de analizar el sector de la competencia que pugnará por brindar sus servicios en ese mercado. Los objetivos para el estudio de mercado son los siguientes:

- Analizar la oferta y la demanda de la competencia en los cantones de Gualaceo y Chordeleg para el servicio de Internet.
- Obtener información de los cantones de Gualaceo y Chordeleg, también obtener información de fuentes tales como: las publicaciones de datos de las entidades oficiales estatales y municipales, además de los medios de prensa.
- Presentar y analizar los datos obtenidos.
- Segmentar el mercado para definir el mercado meta global.

- Calcular el mercado meta del servicio a prestarse.

4.1.3. Fundamentos de un Estudio de Mercado

Al desarrollar un estudio de mercado se obtiene una herramienta que permite identificar, analizar, difundir y aprovechar la información recolectada en relación a un servicio de manera que una empresa pueda mejorar la toma de decisiones relacionadas con la identificación y solución de problemas de marketing. El estudio de mercado tiene como objetivo realizarse en forma imparcial. Es un proceso en el cual se determina el problema o la oportunidad de la investigación de mercado, se identifica la información necesaria y las fuentes de información relevantes, se realiza la recopilación de datos con el método más adecuado, dichos datos son analizados e interpretados y por último presentados conjuntamente con todas las implicaciones y recomendaciones que permitan tomar las decisiones de mercadeo más oportunas.

4.1.3.1. Determinación del Problema

Según la constitución ecuatoriana, el acceso universal a las tecnologías de la información y comunicación y la erradicación del analfabetismo digital, se consagran como derechos de los ciudadanos, y estar garantizados. El estado ecuatoriano, mediante las empresas públicas de telecomunicaciones, enfatiza esfuerzos para que los servicios lleguen a gran parte de la población ecuatoriana, los factores económicos, geográficos y sociales no permiten cumplir con este objetivo. Es aquí donde nuevas empresas privadas encuentran la oportunidad de ingresar en el mercado, prestando los servicios oportunamente, de manera que permitan satisfacer las necesidades de los usuarios y a su vez obtener ganancias. La población busca empresas que le ofrezcan servicios de telecomunicaciones con calidad y precios asequibles. En los cantones de Gualaceo y Chordeleg, la oferta de estos servicios está presente y a su vez el crecimiento poblacional, comercial e industrial está presente en el sector, por lo que la demanda se incrementa día a día. La atención de este segmento de la población es tomando en cuenta qué servicios se prestara y a quién van dirigidos.



S I M B O L O G I A			
	FUENTE DE ENERGIA		AMPLIFICADOR TRONCAL
	INSERTOR DE ENERGIA		TERMINADOR DE LINEA
	TAP, 4 PUERTOS		HEAD END
	SPLITER DE 2 VIAS		NODO OPTICO
	SPLITER DE 3 VIAS		CONEXION A TIERRA
	RED FIBRA OPTICA		CABLE OPTICO CON N° DE FIBRAS
	CABLE DE RED TRONCAL		

Escala : 1 : 4000	RED HFC
"Gualaceo TV" (Canton Gualaceo)	Dis. Ing.
	Rev. Ing.
	Responsables:
Franklin Nivelio	
ZONAS EN EL AREA DE COBERTURA	Fecha: Abril 2012



S I M B O L O G I A			
	FUENTE DE ENERGIA		AMPLIFICADOR TRONCAL
	INSERTOR DE ENERGIA		TERMINADOR DE LINEA
	TAP, 4 PUERTOS		HEAD END
	SPLITER DE 2 VIAS		NODO OPTICO
	SPLITER DE 3 VIAS		CONEXION A TIERRA
	RED FIBRA OPTICA		CABLE OPTICO CON N° DE FIBRAS
	CABLE DE RED TRONCAL		

Escala : 1 : 4000	RED HFC
"Gualaceo TV" (Canton Chordeleg)	Dir. Ing. Rev. Ing. Responsable
	Franklin Nivelio
ZONAS EN EL AREA DE COBERTURA	Fecha: Abril 2012

4.1.3.2. Concepto de Producto ^[1]

El producto es el punto central de la oferta que realiza toda empresa u organización a su mercado meta para satisfacer sus necesidades y deseos, con la finalidad de lograr los objetivos que persigue. El sistema a diseñarse brindará servicios de Internet que permitirán satisfacer las necesidades básicas de telecomunicaciones en los cantones de y Chordeleg.

4.1.3.3. Definición del Área de Mercado ^[1]

Para definición del área de mercado, es el lugar donde asisten las fuerzas de la oferta y la demanda para realizar las transacciones de bienes y servicios a un determinado precio.

4.1.3.3.1. Análisis de la Oferta ^[2]

La oferta es la cantidad de bienes o servicios que se ofrecen a diferentes precios y condiciones dadas en un determinado momento. La oferta del Internet en el Ecuador está creciendo continuamente. De acuerdo a la SENATEL, a marzo del 2012, se encontraban registradas 270 personas naturales y jurídicas que poseen un permiso para brindar servicios de valor agregado de Internet, como se muestra en la siguiente figura.

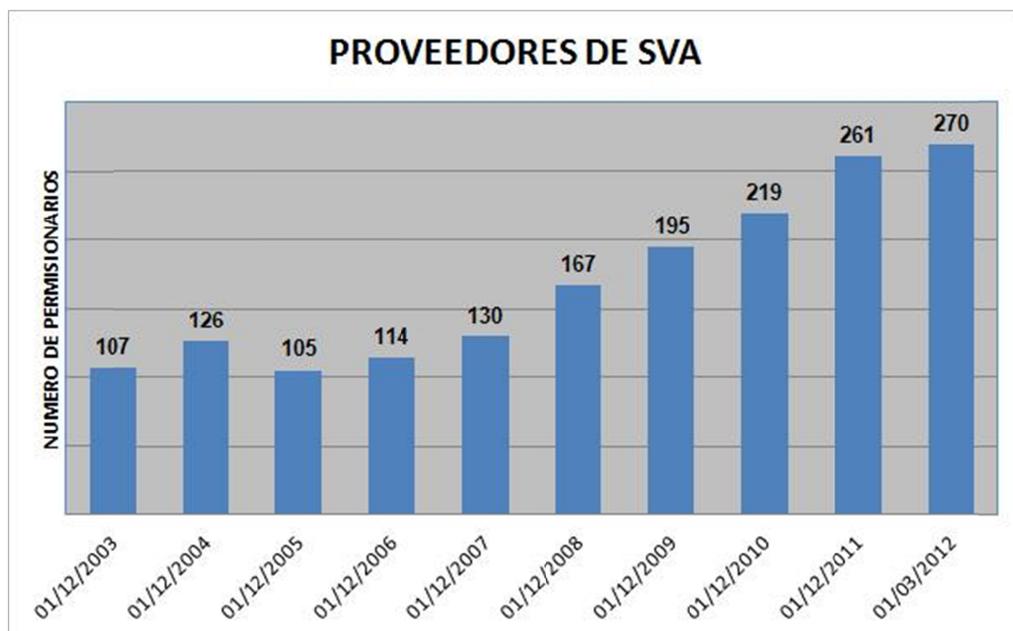


Figura 4.1. Número de ISPs en el Ecuador. ^[3]

1. MOCHON, Francisco. "PRINCIPIOS DE ECONOMIA", Mc Graw Hill. 3ra Ed, 2004.

2. DORNBUSCH Rudiger, "MACROECONOMIA", Ed. Mc Graw Hill. 7ma Ed, 1998.

3. Figura 4.1. Número de ISPs en el Ecuador. SENATEL, "PROVEEDORES DE SERVICIO DE VALOR AGREGADO DE INTERNET (ISP's)", SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

Los datos anteriores dan a conocer un mercado de libre competencia, por la cantidad de proveedores existentes, todas las empresas que proveen de servicios de Internet, sólo 5 empresas tienen el control del 80% de las cuentas de Internet en el Ecuador, como se observa en la siguiente gráfica.

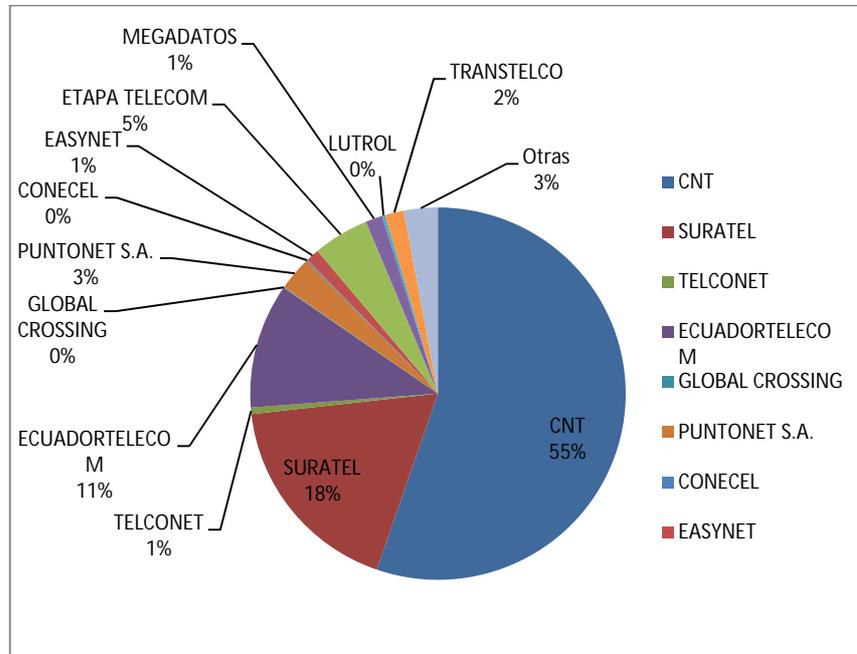


Figura 4.2. Cuentas de Internet por permisionario en Porcentaje a Marzo del 2012.^[1]

La oferta de servicios es similar en la gran mayoría de empresas proveedoras de Internet. La variedad está dada en las promociones que cada una oferta para captar clientes, como planes que consideran horarios especiales, planes de consumo ilimitados o acceso por horas.

4.1.3.3.2. Análisis de la Demanda^[2]

Son las acciones o determinaciones que toman los consumidores respecto a cuanto consumir de un determinado bien que se oferta en el mercado. Para el caso de servicios de Internet, la demanda viene dada por el número de usuarios del servicio. La conexión a Internet en el Ecuador ha tenido una demanda creciente. Según las cifras publicadas por la SENATEL, en marzo del 2012, el índice de densidad del Internet en el Ecuador, que está determinado por el número de abonados existentes por cada 100 habitantes, es de 20,45%. La siguiente tabla se muestra el número de habitantes en el país y los valores de densidad de Internet:

1. Figura 4.2. Cuentas de Internet por permisionario en Porcentaje a Marzo del 2012. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

2. MOCHON, Francisco. "PRINCIPIOS DE ECONOMIA", Mc Graw Hill. 3ra Ed, 2004.

AÑO	POBLACION	DENSIDAD
2001	12.479.924	0,69%
2002	12.660.728	0,80%
2003	12.842.578	0,84%
2004	13.026.891	0,92%
2005	13.215.089	1,04%
2006	13.408.270	1,55%
2007	13.605.485	2,03%
2008	13.805.095	2,38%
2009	14.005.449	3,37%
2010	14.483.499	12,48%
dic-11	14.765.927	14,58%
mar-12	14.837.474	20,45%

Tabla 4.1. Densidad de Internet, según la SENATEL ^[1]

La siguiente figura muestra el crecimiento del valor de índice de densidad de internet en Ecuador:

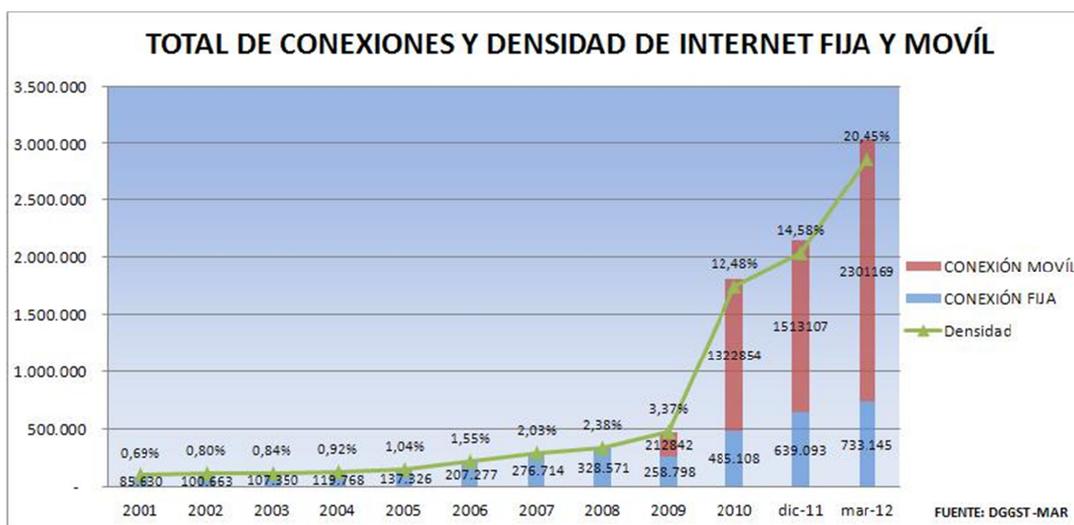


Figura 4.3. Índice de densidad de Internet fija y móvil. ^[2]

El cálculo del número de usuarios de Internet, se basa en la estadística del número de abonados, relacionándose a través de factores de compartición de cuentas, es decir, se asume que cada cuenta conmutada es usada por varios usuarios. En la siguiente tabla se muestra la densidad de Internet, dada en número de usuario por cada 100 habitantes:

1. Tabla 4.1. Densidad de Internet, según la SENATEL. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

2. Figura 4.3. Índice de Densidad de Internet fijo y móvil. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

AÑO	POBLACION	DENSIDAD
2001	12.479.924	2,00%
2002	12.660.728	2,23%
2003	12.842.578	2,84%
2004	13.026.891	3,13%
2005	13.215.089	3,89%
2006	13.408.270	6,14%
2007	13.605.485	8,47%
2008	13.805.095	9,49%
2009	14.005.449	13,14%
2010	14.483.499	27,61%
dic-11	14.765.927	36,60%
mar-12	14.837.474	44,85%

Tabla 4.2. Densidad de Internet (usuarios/100 hab) según información de la SENATEL^[1]

La siguiente figura muestra la densidad de Internet desde 2001 hasta marzo del 2012.

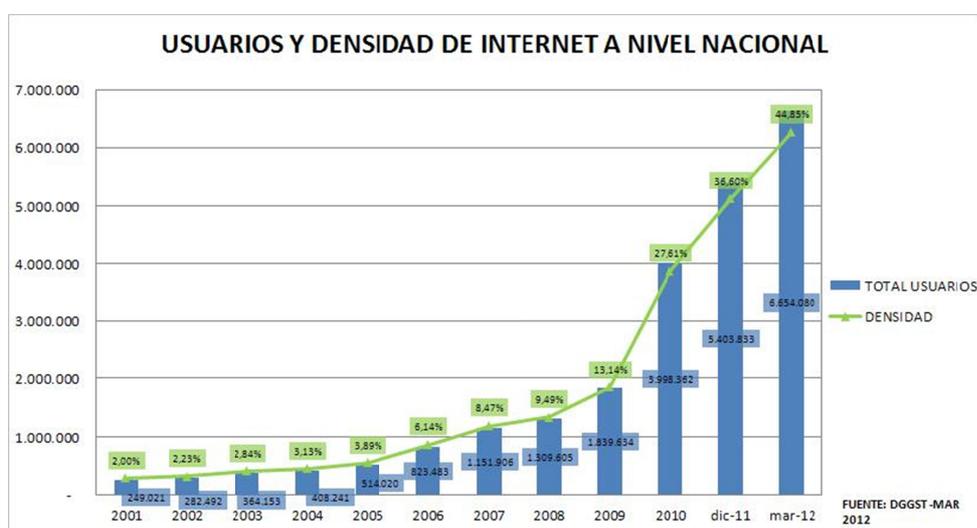


Figura 4.4. Densidad de Internet, según la SENATEL^[2]

La SENATEL también presenta datos de usuarios de internet a nivel nacional.

AÑO	USUARIOS FIJOS	USUARIOS MOVÍL	TOTAL USUARIOS
2001	249.021	-	249.021
2002	282.492	-	282.492
2003	364.153	-	364.153
2004	408.241	-	408.241
2005	514.020	-	514.020
2006	823.483	-	823.483
2007	1.151.906	-	1.151.906
2008	1.309.605	-	1.309.605
2009	1.626.792	212.842	1.839.634
2010	2.675.508	1.322.854	3.998.362
dic-11	3.890.726	1.513.107	5.403.833
mar-12	4.352.911	2.301.169	6.654.080

Tabla 4.3. Usuarios de Internet a nivel nacional^[3]

1. Tabla 4.2. Densidad de Internet (usuarios/100 hab) según información de la SENATEL. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

2. Figura 4.4. Densidad de Internet, según la SENATEL. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

3. Tabla 4.3. Usuarios de Internet a nivel nacional. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

4.1.3.4. Segmentación del Mercado^[1]

La definición de segmentación de mercado es dividir al mercado, en grupos más pequeños y uniformes de clientes que tengan características y necesidades semejantes. El objetivo de la segmentación es conocer realmente a los consumidores potenciales. El comportamiento de la demanda suele ser demasiado complejo y para explicarlo es necesario tomar en cuenta varios factores de estudio. No existe una única forma de segmentación, sino que depende de la necesidad que los clientes posean.

4.1.3.4.1. Niveles de Segmentación

El mercado es segmentado dependiendo de las necesidades de los clientes, siendo un factor determinante para la empresa la delimitación del mercado en áreas más controlables. Es muy importante tener en cuenta a que grado de nivel de segmentación se pretende llegar, ya que de esto dependen los planes de marketing dirigidos a la demanda. Los principales niveles de segmentación se puede mencionar como: Marketing Masivo, Marketing de Segmentos, Marketing de Nicho y Micromarketing. El funcionamiento óptimo de la empresa se obtendrá si todas las estrategias de marketing son ajustadas al Marketing de Nicho, así se puede llegar a contar con segmentos de servicios, estos se ajustarán tanto en necesidades, percepciones y comportamientos de compra lo más cercano posible a sus clientes. El nicho es un grupo definido en forma más estrecha, por lo general se identifica dividiendo a un segmento en subsegmentos, o redefiniendo un grupo con un conjunto distintivo de rasgos que podrían estar buscando una mezcla especial de beneficios. El Marketing de Nicho para la empresa Gualaceo TV, se obtendría dentro del servicio de Internet para el hogar, las ofertas serán prestadas en zonas con moderada densidad de penetración de los servicios de telecomunicaciones como las zonas urbanas de los cantones Gualaceo y Chordeleg.

4.1.3.4.2. Formas de Segmentación^[2]

Para segmentar el mercado y encontrar el perfil adecuado de nuestros clientes, se tiene en consideración los tipos de segmentación que proporcionen información valiosa para la empresa. La información obtenida nos permite analizar el mercado de forma simultánea para poder clasificar los mejores mercados potenciales, los cuales se irán ajustando a los requerimientos que busca la empresa.

1. MALHOTRA, Naresh, *Investigación de Mercados: un enfoque aplicado*, Editorial Pearson Educación, Cuarta edición, Madrid, 2004.

2. PEDRET, Ramón, *Herramientas para Segmentar Mercados y Posicionar Productos*, España, 2003.

La segmentación puede ser efectiva si depende de los cuatro criterios mencionados:

- Segmentación Geográfica
- Segmentación Demográfica
- Segmentación Psicográficos y Socio Culturales

- **Segmentación Geográfica**

La segmentación geográfica, permite determinar el área o zona donde estará ubicado el mercado meta que pretende obtener la compañía, aquí se estudia la variable de densidad poblacional, específicamente los usuarios de las zonas urbanas y semiurbanas. Este estudio es de mucha importancia para la empresa Gualaceo TV. El propósito de los servicios a ofrecerse en Gualaceo y Chordeleg, tiendan abarcar las zonas que tengan una alta densidad poblacional, pues de esto depende la rentabilidad del proyecto, ya que en lugares apartados y con baja densidad poblacional la inversión inicial podría ser difícilmente recuperable en un lapso de tiempo razonable.

- **Segmentación Demográfica**

Segmentación demográfica nos permite dividir al mercado en grupos pequeños tomando en cuenta variables como la edad, sexo, tamaño de la familia, estado civil y otros. Dependiendo de la demanda de los servicios por individuo, es posible que a la población se la pueda dividir en grupos de personas dentro de un mismo rango de edad y mediante esta división poder clasificar al mercado, y conocer aproximadamente cuáles serán los clientes potenciales. Para una empresa de servicio de telecomunicaciones los rangos óptimos de edades, donde se puede aprovechar con mayor grado los planes de marketing, son las personas jóvenes que estudian en colegios y universidades, y los adultos ejecutivos que necesitan estar conectados a Internet.

- **Segmentación Psicográficos y Socio Culturales**

Se analiza los estratos sociales de las poblaciones y como esto influye en el comportamiento de compra del producto o alquiler del servicio. Los usuarios residenciales que contratan servicios de telecomunicaciones, por lo general son personas o familias con un ingreso económico que les permite satisfacer sus necesidades básicas.

4.1.4. Determinación del Mercado Meta^[1]

Para determinar consumidores con las mismas características psicográficas, necesidades y gustos, es más fácil delimitar las características del servicio o producto que se va a ofrecer, así como las necesidades que va a cubrir. Se pretende que al determinar un mercado meta y su objetivo principal es conocer a los posibles consumidores potenciales de un mercado. Para lograr competir adecuadamente con las empresas proveedoras de servicios de Internet, se ha identificado y seleccionado aquellos mercados meta a los que puede servir mejor y con mayor provecho. De esta manera se ha visto que el lugar donde se pretende ofrecer los servicios cuente con todos los requisitos para que la empresa pueda desenvolverse rentablemente, además la oferta en la zona no sea altamente competitiva. Podríamos determinar que los servicios de telecomunicaciones para los usuarios de Gualaceo y Chordeleg, deben ser orientados hacia un mercado meta que cumpla con los siguientes requisitos:

- Los usuarios que deseen contar con los servicios de telecomunicaciones, tienen que estar ubicados dentro de las zonas convenientes para la empresa, se analizan dependiendo de la densidad poblacional.
- Para zonas muy apartadas y con baja densidad poblacional, no es rentable para la empresa la implementación ya que la demanda no será suficiente para cubrir los gastos iniciales.
- Los usuarios tiene que conocer los servicios que brinda un proveedor de conexión a Internet y adicionalmente contar con el uso moderado de estas tecnologías en sus hogares.

4.1.5. Calculo del Mercado Meta Inicial del Servicio de Internet

Para poder calcular el mercado meta que la empresa puede tener inicialmente, se toma la información de la base de datos de la SENATEL, la base de datos nos presenta la población de la provincia del Azuay, de cada cantón de dicha provincia, los cuales se eligieron como potenciales clientes dispuestos a contratar el servicio de Internet.

4.1.5.1. Detalle de la Modalidad del Servicio a Brindar

La base de datos de Internet nos presenta que en la provincia del Azuay tiene una densidad del 2,57 % de Internet banda ancha esto es una cantidad de 18.736 conexiones fija de 52747 conexiones fijas de Internet en dicha provincia, la población del Azuay es de 729531 habitantes.

1. KOTLER, Philip, *Fundamentos de Marketing*, PEARSON, Sexta edición, 2003.Mexico.

I TRIMESTRE 2012			
PROVINCIA	TOTAL BANDA ANCHA	DENSIDAD	POBLACION
AZUAY	18.736	2,57%	729.531
BOLIVAR	3.914	2,08%	188.131
CAÑAR	6.696	2,90%	230.690
CARCHI	4.097	2,43%	168.547
CHIMBORAZO	15.730	3,35%	469.789
COTOPAXI	10.192	2,43%	419.207
EL ORO	19.921	3,24%	615.339
ESMERALDAS	10.824	2,15%	503.172
GALAPAGOS	1.653	6,42%	25.741
GUAYAS	188.817	5,06%	3.734.561
IMBABURA	13.679	3,35%	407.978
LOJA	17.653	3,84%	459.940
LOS RIOS	11.968	1,50%	797.130
MANABI	27.663	1,97%	1.403.253
MORONA SANTIAGO	3.730	2,46%	151.559
NAPO	3.527	3,32%	106.234
ORELLANA	3.045	2,18%	139.732
PASTAZA	4.918	5,72%	85.987
PICHINCHA	270.285	10,24%	2.639.240
SANTA ELENA	6.951	2,20%	316.239
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	13.908	3,30%	420.981
SUCUMBIOS	3.493	1,93%	180.787
TUNGURAHUA	22.439	4,34%	516.916
ZAMORA CHINCHIPE	2.510	2,68%	93.612
TOTAL	686.349	4,64%	14.804.296

Tabla 4.4. Conexión fija de Internet banda ancha en el Ecuador ^[1]

Basados en los datos anteriores se plantea que el sistema de Internet a ofrecer a los clientes será de velocidades desde 700 Kbps en adelante como 1024 Kbps, 2048 Kbps, y dependerá de la necesidad del cliente.

Descripción	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
Modalidad del Servicio 1	residencial 700/512	Servicio conexión internet asimétrico d/u
Modalidad del Servicio 2	residencial 1024/512	Servicio conexión internet asimétrico d/u

Tabla 4.5. Velocidades del servicio de Internet. ^[2]

4.1.5.2. Análisis Comportamiento del Mercado Potencial

La densidad actual en Gualaceo es de 2,35% es una penetración muy baja en comparación con Cuenca ciudad vecina, se proyecta a una penetración del 7,4 % en los próximos 5 años (2017), la población será de 51224 habitantes aproximadamente.

1. Tabla 4.4. Conexión fija de Internet banda ancha en el Ecuador. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

2. Tabla 4.5. Velocidades del servicio de Internet. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

Un aumento de la densidad a 6 % se obtendrá 30733 es decir habrá un incremento aproximado de 2000 abonados en los próximos 5 años, de este cantidad se obtendrá al menos a un 23 % de ellos, es decir 707 abonados. Los principales operadores son la CNT, Bravo Peralta y Romeo Vintimilla. Chordeleg tiene una densidad actual cuentas/población 1,05% para los próximos 5 años la población se estima en 14354 y con una penetración cuentas/población de 4% cuenta/población un mínimo de 573 cuentas con un 23% del mercado se obtendrá una cartera de 165 abonados.

Competencia directa en el área de operación

AREA 1:	Gualaceo	
PERMISIONARIO SVA	No. Abonados	PARTICIPACIÓN DE MERCADO* (%)
BRAVO PERALTA JOSE JAVIER	90	8,96%
CENTROSUR	10	1,00%
CNT	717	71,41%
OTECCEL	1	0,10%
PUNTONET S.A.	1	0,10%
TELCONET	14	1,39%
VINTIMILLA AGUILAR ROMEO PAUL	171	17,03%
Total	1004	100,00%

Tabla 4.6. SVA que brindan servicio en Gualaceo ^[1]

La tabla 4.6 presenta como se encuentra repartido los clientes para cada una de los operadores de SVA, en el cantón Gualaceo, la CNT cubre una gran parte del mercado de Gualaceo con un 71,41% del servicio de Internet. La siguiente tabla presenta los abonados existentes en el cantón Chordeleg y la cantidad de abonados que posee cada uno de los operadores de SVA.

AREA 2:	Chordeleg	
Permisionario SVA	No. Abonados	Participación de Mercado (%)
BRAVO PERALTA JOSE JAVIER	22	16,54%
CENTROSUR	12	9,02%
CNT	76	57,14%
PUNTONET S.A.	2	1,50%
VINTIMILLA AGUILAR ROMEO PAUL	21	15,79%
Total	133	100,00%

Tabla 4.7. SVA que brindan servicio en Chordeleg ^[2]

1. Tabla 4.6. SVA que brindan servicio en Gualaceo. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

3. Tabla 4.7. SVA que brindan servicio en Chordeleg. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

Precios en las áreas de servicio de Internet

Los costos y velocidad del servicio de Internet ofrecida por los principales operadores que poseen la mayor parte de clientes en los cantones de Gualaceo y Chordeleg.

Modalidad de servicio	INTERNET		
	CNT	BRAVO PERALTA	Servicio a Ofrecer
DESCRIPCIÓN	Tarifa sin impuestos (USD/Kbps)	Tarifa sin impuestos (USD/Kbps)	Tarifa sin impuestos (Kbps/min)
700/515 kbps	18	20	18
1024/512 kbps	24,9	26	24

Tabla 4.8. Velocidad y Costos de Internet Ofertado. ^[1]

4.1.5.3. Segmentación y Dimensionamiento del Mercado

Las proyecciones de población y la creciente de manda de acceso a Internet por los hogares se prevee que a final del 5 años y de acuerdo a las proyecciones de la última base de datos de la SENATEL la densidad para el 2017 en el país será de 15% y para el cálculo se realiza con el 5%, se obtendrá al final del 5 año 3073 suscriptores de los cuales se cubrirá el 23% del total de posibles suscriptores.

Suscriptores de internet 2008-2017 (líneas y densidad)	
Años	Densidad (% de pob)
2008	2%
2009	3%
2010	3%
2011	4%
2012	5%
2013	7%
2014	8%
2015	10%
2016	12%
2017	15%

Tabla 4.9. Proyección de la densidad del Internet en Ecuador hasta el 2017 ^[2]

Para determinar el mercado a partir de los 5 primeros años en el cantón Gualaceo se toma como referencia la población existente en el primer año que es de 48.030 habitantes de los cuales se determinan que la demanda potencia es 2402 que están en la capacidad de contratar el servicio o que ya lo tienen, esto se obtendrá basados en los datos de la densidad que presenta la SENATEL para el año 1 que es el año 2012.

1. Tabla 4.8. Velocidad y Costos de Internet Ofertado. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

2. Tabla 4.9. Proyección de la densidad del Internet en Ecuador hasta el 2017. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

Los datos de la SENATEL como la densidad es del 5%, para el cálculo se toma el valor de 5% de la densidad debido a que se presume que la densidad es mayor. La demanda satisfecha del cantón Gualaceo es de 1.004 clientes/abonados información obtenida de la base de datos de la SENATEL, Los valores de la demanda potencial y la demanda satisfecha se puede obtener la demanda insatisfecha que, sería de 1.398 clientes/abonados, la meta de mercado será obtener un 11% de la demanda potencial que serán 264 clientes/abonados.

PROYECCIONES DE MERCADO PARA LOS PRIMEROS 5 AÑOS					
PROVINCIA:	Azuay				
CANTON:	Gualaceo				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Población Provincia (Habitantes)	739.862	750.029	760.337	770.786	780.884
POBLACIÓN CANTON (Habitantes)	48.038	48.781	49.952	50.267	51.224
DEMANDA POTENCIAL	2.402	2.439	2.498	3.016	3.073
Demanda Satisfecha Cantón (Clientes/abonados)	1.004	1.104	1.215	1.336	1.470
Demanda Insatisfecha Cantón (Clientes/abonados)	1.398	1.335	1.283	1.680	1.603
Objetivo de Mercado para el Cantón (%)	11	14	17	19	23
Demanda Objetivo Según el Tipo de Cliente/Abonado (Clientes/abonados)	264	341	425	573	707

Tabla 4.10. Proyección de mercado para el Cantón Gualaceo. ^[2]

El primer año y el resto de años se realizara mediante el crecimiento y proyección de la población y la densidad que tiene proyectada según los datos de la SENATEL, en el transcurso de los cinco años se tiene proyectado cubrir el 23% de la demanda potencial. El cantón Chordeleg se determinar que los cinco primeros años del servicio de Internet, se tomara como referencia la población existente en el primer año que es de 13.519 habitantes de los cuales se establece que la demanda potencia es 541 que poseen la capacidad de contratar el servicio o que ya lo tienen, se obtendrá basados en los datos de la densidad que presenta la SENATEL para el año 1 que es el año 2012. Los datos de la SENATEL la densidad es del 5%, para el cálculo se toma el valor de 4% de la densidad se presume que este valor será el más acertado. La demanda satisfecha del cantón Chordeleg es de 133 clientes/abonados, obtenido los valores de la demanda potencial y la demanda satisfecha se calcula la demanda insatisfecha es un valor de 408 clientes/abonados, la meta de mercado será obtener un 11% de la demanda potencial que serán 54 clientes/abonados.

1. Tabla 4.10. Proyección de mercado para el Cantón Gualaceo. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

En el primer año para el resto de años se realizara mediante el crecimiento y proyección de la población y la densidad que tiene proyectada según los datos de la SENATEL en el transcurso de los cinco años se proyecta cubrir el 23% de la demanda potencial.

PROYECCIONES DE MERCADO PARA LOS PRIMEROS 5 AÑOS					
PROVINCIA:	Azuay				
CANTON:	Chordeleg				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
POBLACIÓN PROVINCIA (Habitantes)	739.862	750.029	760.337	770.786	780.884
POBLACIÓN CANTON (Habitantes)	13.519	13.727	13.936	14.145	14.354
DEMANDA POTENCIAL	541	549	697	707	718
DEMANDA SATISFECHA CANTON (Clientes/abonados)	133	146	161	177	195
DEMANDA INSATISFECHA CANTON (Clientes/abonados)	408	403	536	530	523
OBJETIVO DE MERCADO PARA EL CANTON (%)	12	14	15	18	23
DEMANDA OBJETIVO SEGÚN EL TIPO DE CLIENTE/ABONADO (Clientes/abonados)	59	77	105	127	165

Tabla 4.11. Proyección de mercado para el Cantón Chordeleg.^[1]

4.2. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA^[2]

La empresa permite definir los objetivos de cada área de trabajo basados en una estructura organizacional. La empresa se organizara por proyectos, de manera que cada área tenga una tarea específica. Se plantea tres departamentos principales que son:

- El departamento técnico se encontrará compuesto por personal encargado del manejo de equipos y soporte de las tecnologías a manejarse.
- El departamento administrativo se encargará de la gestión financiera de la empresa, manejo de personal y asuntos legales.
- Departamento comercial es responsables del área comercial se encargarán del mercadeo, ventas y atención al cliente.

Dependiendo del crecimiento de la empresa será contratado en forma progresiva el personal que se lo requiera y que cubrirá las distintas áreas de trabajo.

1. Tabla 4.11. Proyección de mercado para el Cantón Chordeleg. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>
 2. MONTALVAN, César, *Los recursos humanos para la pequeña y mediana empresa*, Primera edición, México, 1999.

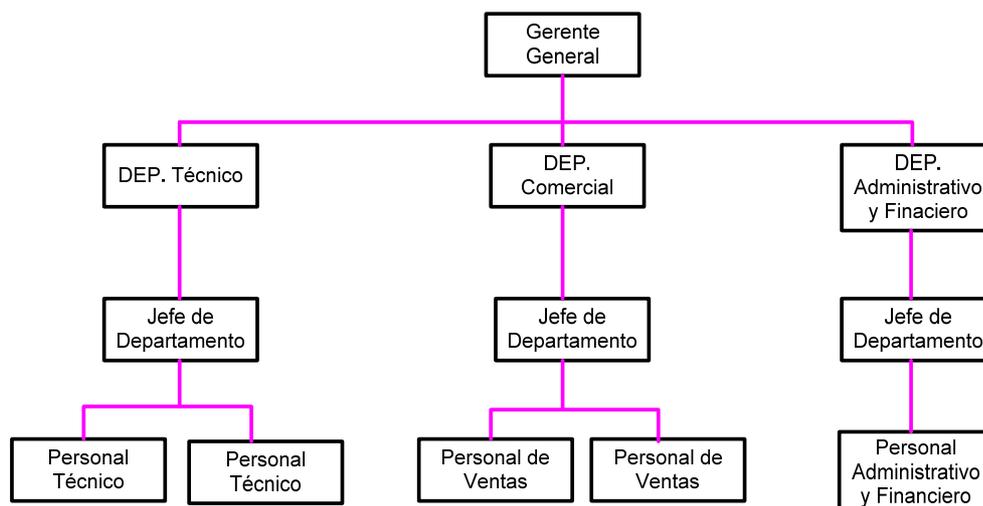


Figura 4.5. Organigrama de la empresa. ^[1]

4.3. INGRESOS^[2]

Los ingresos es el dinero que se obtienen al vender el servicio de Internet. En los ítems anteriores se realizaron proyecciones del número de clientes del servicio, estos datos son utilizados para obtener los ingresos mensuales. El costo del servicio fue elegido de forma que sea competitivo en el mercado que se incursionara.

Indicadores Para la Proyección de los Ingresos						
DESCRIPCIÓN	INDICADOR	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Se consideran los diferentes precios para cada porcentaje del total de cuentas, se propone que los precios se mantendrán fijos durante estos años,		USD	USD	USD	USD	USD
	40%	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
	60%	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
	costo suscripción	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
	Precio equipo terminal	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00

Tabla 4.12. Indicadores para la proyección de los ingresos. ^[3]

Calculo de la Proyección de Ingresos (expresada en USD)					
DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos Anuales Modalidad del Servicio	83.901,12	108.433,26	137.145,83	181.530,41	226.010,87
Otros Ingresos	27.513,87	8.044,88	9.415,77	14.555,13	14.586,57
Ingresos Totales (USD)	111.414,99	116.478,14	146.561,60	196.085,54	240.597,45

Tabla 4.13. Calculo de la proyección de ingresos (expresada en USD). ^[4]

1. Figura 4.5. Organigrama de la empresa. VAINRUB, Roberto, *Nacimiento de una empresa*, Venezuela, 1996.

2. CHARLES, T, HOMGREN, George, *Contabilidad de costos: Un enfoque gerencial*, Pearson Prentice Hall, México, 2007.

3. Tabla 4.12. Indicadores para la proyección de los ingresos.

4. Tabla 4.13. Calculo de la proyección de ingresos (expresada en USD).

4.4. COSTOS DE OPERACIÓN^[1]

Al realizar una actividad productiva y ofrecer un servicio se generan costos, que son desembolsos monetarios relacionados directa o indirectamente con la prestación del servicio. Para la puesta en marcha del sistema EoC que brindara servicio de Internet propuesto, generará varios costos entre ellos se debe tomar en cuenta los costos implicados en la producción, costos de ventas, gastos administrativos y costos de impuestos y permisos.

4.4.1. Costos de Producción

Costos de producción son costos o gastos para que un proyecto comience su funcionamiento y se mantenga operando. Se incluyen los costos de conexión, costos de instalación de equipos y cableado, el costo de adecuación del inmueble y el costo de capacitación inicial al personal.

4.4.1.1. Costos de Conexión

Este costo se da al conectarse con la empresa que nos proveerá de conexión al Backbone hacia Internet. Este costo varía de acuerdo con la cantidad de clientes que se posea y la cantidad de tráfico que se necesite transportar, el costo se analiza con la empresa proveedora de acuerdo al cantidad de E1 se compre o el tiempo que contratemos los servicios.

Proyección del consumo						
	Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Modalidad del Servicio:	Servicio de Internet	E1	E1	E1	E1	E1
Tráfico Canton1:	Gualaceo	5	5	7	9	11
Tráfico Canton2:	Chordeleg	1	2	2	2	3
Tráfico total Anual	Total de E1	6	7	8	11	14
Valor total Anual	Valor de E1 en USD	19862,96	23.531,52	29.762,55	39.394,62	49.047,50

Tabla 4.14. Calculo de costos de conexión. ^[2]

4.4.1.2. Costos de Mantenimiento de Oficinas

La adecuación de inmuebles están incluidos los gastos necesarios para la implantación de las oficinas y el lugar de negocio a los requerimientos de trabajo a desarrollarse. Se incluyen los costos de los materiales de adecuación (pinturas, pisos, cielo raso y otros), los costos para adquirir un sistema eléctrico apropiado y los costos de la mano de obra.

1. CHARLES, T, HOMGREN, George, *Contabilidad de costos: Un enfoque gerencial*, Pearson Prentice Hall, México, 2007.

2. Tabla 4.14. Calculo de costos de conexión.

ADECUACION DE INMUEBLES					
DETALLE	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
MATERIALES DE ADECUACION	1500,00	1575,00	1653,75	1736,44	1823,26
SISTEMA ELECTRICO	1000,00	1050,00	1102,50	1157,63	1215,51
MANO DE OBRA	740,00	777,00	815,85	856,64	899,47
TOTAL	3240,00	3402,00	3572,10	3750,71	3938,24

Tabla 4.15. Costos de adecuación de inmuebles.^[1]

4.4.1.3. Costos de Mantenimiento y Operación de los Equipos y Centros de Administración de Gestión de Red

El cuarto principal de equipos de la empresa estará apegado a los estándares de funcionamiento internacional, para brindar una flexibilidad en la instalación trae consigo los beneficios de independencia de proveedor y protocolo, la red debe poseer una capacidad de crecimiento y facilidad de administración. Se recomienda para este proceso contar con personal capacitado y con experiencia en el manejo de este sistema de telecomunicaciones.

INSTALACION DE EQUIPOS DE GESTION DE RED					
DETALLE	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
MATERIALES DE CABLEADO	1000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MANO DE OBRA PARA EL CABLEADO	500,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MATERIALES PARA INSTALACION DE EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES	400,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PERSONAL PARA LA INSTALACION DE EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES	500,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	2400,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 4.16. Costos de instalación de equipos de gestión de red.^[2]

4.4.2. Costo de Ventas

Para que el servicio pueda ser aceptado en el mercado se incluyen costos de ventas para prestar un servicio. En este punto se involucran varios costos como de publicidad, costos de mercadeo, transporte.

4.4.2.1. Costos de Publicidad

Los costos de publicidad involucra el dar a conocer sobre los servicios que la empresa ofrece a través de medios de comunicación u otras formas de publicidad. Si tenemos un mercado potencial bien definido, nos ayudara a reducir los costos.

1. Tabla 4.15. Costos de adecuación de inmuebles.

2. Tabla 4.16. Costos de instalación de equipos de gestión de red

4.4.2.2. Costos de Mercadeo

Estos costos ayudan a la empresa a tener un correcto posicionamiento en un determinado mercado. La información referente al comportamiento del mercado es importante, así como también información de las oportunidades y riesgos que se puedan presentar en transcurrir diario.

4.4.2.3. Costos de Transporte

Estos costos se producen al transportar el personal de ventas a los puntos designados de captación de nuevos clientes. Se incluye también los costos en gasolina y servicios de transporte a los determinados puntos establecidos como un mercado potencial.

4.4.2.4. Costos Totales de Ventas

Involucra el total de costos como de publicidad, mercado y transporte se obtiene un valor total en dólares anual en la siguiente tabla que muestra.

COSTOS DE VENTAS					
DETALLES	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
PUBLICIDAD	1800,00	2500,00	2300,00	2800,00	3800,00
MERCADEO	3000,00	1834,00	3386,00	5285,00	6920,00
TRANSPORTE	1278,00	1360,00	1650,00	1720,00	1320,00
TOTAL	6078,00	5694,00	7336,00	9805,00	12040,00

Tabla 4.17. Costos de ventas. ^[1]

4.4.3. Gastos Administrativos

El servicio que ofrece la empresa se relaciona con las actividades de gestión, esto produce gastos administrativos que son desembolsos realizados por la empresa. Como gastos administrativos en la empresa están divididos en salarios del personal de planta, gastos de servicios básicos y gastos en insumos de oficina.

4.4.3.1. Remuneración del Personal de Planta

Está representado por los salarios estimados que cada empleado de la empresa recibe por las prestaciones laborales y también se involucra los pagos adicionales como: décimo tercer y cuarto sueldo y seguridad social.

1. Tabla 4.17. Costos de ventas.

Dimensionamiento de los recursos humanos para los primeros años											
Descripción	Salario mensual individual	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5	
		No	Sueldo USD	No	Sueldo USD	No	Sueldo USD	No.	Sueldo USD	No.	Sueldo USD
Gerente	600 USD	1	9.048	1	9.953	1	10.948	1	12.043	1	13.247
Secretaria	300 USD	1	4.524	1	4.976	1	5.474	1	6.021	1	6.624
Vendedor	300 USD	2	8.807	2	9.687	2	10.656	2	11.722	2	12.894
Técnico	500 USD	1	7.540	1	8.294	1	9.123	1	10.036	1	11.039
Instalador	300 USD	2	9.048	2	9.953	2	10.948	2	12.043	2	13.247
TOTAL ANUAL	20000	7	38.967	7	42.863	7	47.150	7	51.865	7	57.051

Tabla 4.18. Dimensionamiento de los recursos humanos para los primeros años. ^[1]

4.4.3.2. Gastos de Servicios Básicos e Insumos de Oficina

Estos gastos son muy esenciales están referidos a los pagos por servicios de agua, electricidad, teléfono y arrendamiento de inmueble donde se desarrolla la empresa. Para el funcionamiento de oficinas requieren de insumos esto se relaciona con gastos en papelería e insumos propios de la administración, para la gestión de la empresa.

DETALLES	Costo mensual	Costo anual
SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA	33	400
SERVICIO DE AGUA POTABLE	17	200
SERVICIO DE TELEFONO	38	450
INSUMOS DE OFICINA	17	200
ARRIENDO	38	450
MANTENIMIENTO	25	300
TOTAL	167	2000,00

Tabla 4.19. Gastos de servicios básicos e insumos de oficina. ^[2]

4.4.3.3. Gastos Administrativos Totales

Aquí se realiza la suma de todos los gastos administrativos como las remuneraciones de los empleados, el costo de los servicios básicos e insumos de oficina.

GASTOS ADMINISTRATIVOS					
DETALLE	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
REMUNERACION DE PERSONAL	38966,7	42863,4	47150	51864,7	57051,175
Servicios básicos e insumos de oficina	2000	2100	2205	2315,25	2431,0125
TOTAL	40966,7	44963,4	49355	54180	59482,187

Tabla 4.20. Gastos administrativos. ^[3]

1. Tabla 4.18. Dimensionamiento de los recursos humanos para los primeros años.

2. Tabla 4.19. Gastos de servicios básicos e insumos de oficina.

3. Tabla 4.20. Gastos administrativos.

4.4.3.4. Costos Totales de Operación

Estos gastos involucran la puesta en marcha de servicio, a consta todos los gastos anteriores mencionados en las diferentes tablas.

COSTOS DE OPERACIÓN					
DESCRIPCION	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
COSTO DE PRODUCCION	19.490,33	22.536,80	29.115,05	37.759,29	47.988,24
COSTO DE VENTAS	6488	4922	6974	9373	12008
GASTO ADMINISTRATIVO	40966,72	44963,39	49354,73	54179,9543	59482,187
TOTAL	66.945,05	72.422,19	85.443,78	101.312,24	119.478,43

Tabla 4.21. Costos de operación. ^[1]

4.5. ACTIVOS FIJOS ^[2]

Son bienes de la empresa dedicados para la producción y distribución del servicio ofrecido. En la empresa los activos fijos que se toman en cuenta son los equipos utilizados para brindar el servicio de Internet y los bienes muebles de la empresa.

4.5.1. Costos de los Equipos

Es referido al costos de los equipos a utilizarse para montar sistema EoC para brindar el servicio de Internet, el costo de los equipos se incluye la instalación de los mismos por la empresa que proveerá los equipos incluyendo parte de la red de fibra óptica. La tabla de costos de equipos a implementar se encuentra en el anexo 4.1.

4.5.2. Costos de Muebles

Son bienes e inmobiliaria complementaria que brindarán el espacio y ambiente necesario para que funcione la empresa. El edificio se arrendará en donde funcionará nuestros sistema de telecomunicaciones, también se realizarán adecuaciones para instalar equipamiento de oficina e inmobiliaria para los equipos. Se mantendrá un fondo monetario del 5% del valor total de costos de muebles para imprevistos que puedan surgir. Los costos estimados de los bienes muebles a utilizarse se presentan en la siguiente tabla.

1. Tabla 4.21. Costos de operación.

2. MOCHON, Francisco. "PRINCIPIOS DE ECONOMIA", Mc Graw Hill. 3ra Ed, 2004.

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
2	Computadoras	550	1100
2	Impresoras	100	200
2	Estaciones de trabajo	100	200
2	Muebles de computadora	100	200
1	Muebles de recepción al cliente	266	266
1	Muebles sala de reunión	320	320
	Subtotal		2286
1	Imprevistos		114
	Total		2400

Tabla 4.22. Costos de muebles para atención al cliente. ^[1]

4.5.3. Depreciación y Salvación de los Activos Fijos

La empresa realizara la depreciación que es una reducción anual del valor de una propiedad, planta o equipos por el desgaste y agotamiento que sufre los mismos. Los valores de depreciación son designados dependiendo del tiempo de vida útil de un bien. Para que el proyecto sea rentable es indispensable que cuando el tiempo de vida útil de los bienes llegue a cero, se haya recuperado la inversión más los intereses. Se clasifican los activos fijos dependiendo de su tiempo de vida útil, los equipos de comunicación y equipos de computación los de menor duración, con tres años cada uno. Se toma este tiempo para la depreciación por el aumento acelerado de nuevas tecnologías. Para los muebles de oficina en diez años. Se obtiene como valor de salvación la cantidad al restar el valor de depreciación acumulado de un activo del valor de compra de un bien.

Depreciación Activos Fijos						
Descripción	Valor	Año de vida útil	Año 1	Año 2	Año 3	Valor de salvación
Equipos de comunicación	48990	3	16330	16330	16330	0
Equipos de computación	1300	3	433,3	433,333	433,333	0
Muebles	786	10	78,6	78,6	78,6	550,2
Total depreciación			16842	16841,9	16841,9	550,2

Tabla 4.23. Depreciación y valor de salvación de los activos fijos. ^[1]

1. Tabla 4.22. Costos de muebles para atención al cliente. <http://www.fao.org/DOCREP/003/V8490S/v8490s06.htm>

2. Tabla 4.23. Depreciación y valor de salvación de los activos fijos. <http://www.fao.org/DOCREP/003/V8490S/v8490s06.htm>

4.6. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD FINANCIERA

4.6.1. Caso 1

Para el análisis del caso 1 se toman los valores del objetivo de mercado, que son valores porcentuales de la demanda potencial, se tiene planificado brindar el servicio de Internet. Las siguientes tablas presentan los objetivos de mercado para los cantones de Gualaceo y Chordeleg.

PROYECCIONES DE MERCADO PARA LOS PRIMEROS 5 AÑOS					
PROVINCIA:	Azuay				
CANTON:	Gualaceo				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
POBLACIÓN CANTON (Habitantes)	48.038	48.781	49.952	50.267	51.224
DEMANDA POTENCIAL	2.402	2.439	2.498	3.016	3.073
Objetivo de Mercado para el Cantón (%)	11	14	17	19	23
Demanda Objetivo Según el Tipo de Cliente/Abonado (Clientes/abonados)	264	341	425	573	707

Tabla 4.24. Objetivo de mercado para el Cantón Gualaceo caso 1. ^[1]

PROYECCIONES DE MERCADO PARA LOS PRIMEROS 5 AÑOS					
PROVINCIA:	Azuay				
CANTON:	Chordeleg				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
POBLACIÓN CANTON (Habitantes)	13.519	13.727	13.936	14.145	14.354
DEMANDA POTENCIAL	541	549	697	707	718
Objetivo de Mercado para el Cantón (%)	12	14	15	18	23
Demanda Objetivo Según el Tipo de Cliente/Abonado (Clientes/abonados)	59	77	105	127	165

Tabla 4.25. Objetivo de mercado para el Cantón Chordeleg caso 1. ^[2]

4.6.1.1. Tabla de Flujo De Fondos ^[3]

Los términos flujo de fondos o flujo de caja se refieren a un flujo del proyecto que ilustra cuáles son sus costos y beneficios y cuando ocurren. El flujo de fondos consiste en un esquema que presenta sistemáticamente los costos e ingresos registrados año por año o período por período. Estos se obtienen de los estudios técnicos de mercado, administrativo, etc. El flujo de fondos puede considerarse como una síntesis de todos los estudios realizados como parte de la etapa de pre-inversión, en la siguiente tabla presenta el flujo de fondos de la empresa que ofrecerá el servicio de Internet a través del sistema EoC.

1. Tabla 4.24. Objetivo de mercado para el Cantón Gualaceo. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

2. Tabla 4.25. Objetivo de mercado para el Cantón Chordeleg. SENATEL, DGGST-Marzo 2012, <http://www.conatel.gob.ec>

3. G, William, ELIN, Sullivan, T, James. *Ingeniería económica de DeGarmo*, Pearson Prentice Hall, Décima edición, México, 2004.

FLUJO DE CAJA (Expresado en USD)						
ÍTEM	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		111.415	116.478,1	146.561,6	196.085,5	240.597,4
Gastos Operacionales		54.687,3	61.965,9	70.659,1	82.852,8	95.805,8
Costos de ventas		32.187,7	32.488,4	36.725,7	42.635,5	47.976,6
Terminales/Equipo		8.092,3	2.366,1	2.769,3	4.280,9	4.290,2
EBITDA (Margen o Utilidad Bruta de Explotación)		16.447,6	19.657,7	36.407,5	66.316,3	92.524,8
Total Depreciación Anual		18.156,7	18.356,7	18.556,7	400,0	1.533,3
EBIT (Margen o Utilidad Operativa)		-1.709,0	1.301,0	17.850,9	65.916,3	90.991,5
Participación de utilidades a empleados		0,0	195,2	2.677,6	9.887,4	13.648,7
Impuesto a utilidades		0,0	325,3	4.462,7	16.479,1	22.747,9
Margen Neto		-1.709,0	780,6	10.710,5	39.549,8	54.594,9
Aumento Capital de Trabajo		9.284,6	421,9	2.507,0	4.127,0	3.709,3
Inversiones Totales	54.470,0	600,0	600,0	0,0	4.600,0	0,0
Crédito - Desembolso Inicial	0,0					
Amortizaciones		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Valor Presente de la Perpetuidad						422.646,4
Flujo de Caja USD	-54.470,0	6.563,1	18.115,4	26.760,2	31.222,8	52.418,9
		1	2	3	4	5

Tabla 4.26. Tabla de flujo de fondos del caso 1. ^[1]

4.6.1.2. Indicadores de Rentabilidad^[2]

Para medir el rendimiento de una empresa se toma como parámetro la rentabilidad que producen los capitales invertidos en ella durante un tiempo establecido. El estudio de la rentabilidad realiza la comparación entre las ganancias generadas y los medios involucrados para obtenerla, cuando se tiene la información de la rentabilidad de la empresa se pueden tomar decisiones posteriores con respecto al manejo de la misma. En este proyecto se ha tomado como criterio de rentabilidad al VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno).

4.6.1.3. VAN (Valor Actual Neto)^[3]

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, nos quedaría alguna ganancia.

1. Tabla 4.26. Tabla de flujo de fondos del caso 1. <http://www.fao.org/DOCREP/003/V8490S/v8490s06.htm>

1. NEVADO, Domingo, *Cómo gestionar el binomio rentabilidad-productividad: Función económica*, España, 2007.

2. PASQUAL, Joan, *La Evaluación de Políticas y Proyectos: Criterios de Valoración Económicos y Sociales*, Segunda edición, Barcelona España, 1999.

Condiciones del VAN, si el VAN es positivo significa que el proyecto produciría ganancias encima de la rentabilidad exigida, y por tanto debería ser aceptado. Cuando el VAN es negativo indica que el proyecto no produciría ganancias y debería ser rechazado y si el VAN es cero significa que el proyecto no generaría ni pérdidas ni ganancias, la decisión a tomarse podría basarse en otros criterios.

La Ecuación 4.1 permite obtener el VAN para un determinado proyecto:

$$VAN = -Vi + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Dónde:

VAN Valor Actual Neto.

Vi Valor de la inversión inicial del proyecto.

Ft Flujo de fondos en cada periodo t.

k Tasa de retorno del periodo (9,7% tasa interés activa efectiva referencial determinada por el Banco Central del Ecuador) n Número de periodos.

$$VAN = -54470 + \frac{6.563,1}{(1+0.097)^1} + \frac{18.115,4}{(1+0.097)^2} + \frac{26.760,2}{(1+0.097)^3} + \frac{31.222,8}{(1+0.097)^4} + \frac{52.418,9}{(1+0.097)^5}$$

$$VAN = 181614,59$$

Dado que el VAN es mayor que cero se califica al proyecto como rentable.

4.6.1.4. TIR (Tasa Interna de Retorno)^[1]

Tasa interna de rentabilidad (TIR), tipo de interés que haría que el VAN sea nulo. Para que la inversión sea rentable, el TIR tiene que ser mayor a la tasa de interés mínima o de corte, el proyecto es considerado rentable y si el TIR es inferior, el proyecto se rechazaría.

La Ecuación 4.2 permite obtener el TIR del presente proyecto:

$$VAN = -Vi + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = 0$$

Dónde:

TIR Tasa Interna de Retorno.

VAN Valor Actual Neto que es igual a cero.

Vi Valor de la inversión inicial del proyecto.

Ft Flujo de fondos en cada periodo t.

n Número de periodos.

Reemplazando los valores correspondientes se tiene:

$$0 = -54470 + \frac{6.563,1}{(1+0.097)^1} + \frac{18.115,4}{(1+0.097)^2} + \frac{26.760,2}{(1+0.097)^3} + \frac{31.222,8}{(1+0.097)^4} + \frac{52.418,9}{(1+0.097)^5}$$

$$TIR = 29 \%$$

Dado que el TIR es mayor del 20%, el negocio es aceptable para la inversión con lo cual se considera rentable, se toma como referencia que el TIR sea mayor al 20% debido que las normas internacionales para que la inversión de un capital sea aceptado debe poseer el TIR de 20% debido a que cuando se tiene un capital se corre riesgos al invertir en los negocios que se presenten.

4.6.2. Caso 2

Para el análisis del caso 2 se toma los valores del objetivo de mercado, pero estos valores serán la mitad de los que se tienen para el caso 1, de igual manera son valores porcentuales de la demanda potencial que se tiene planificado brindar el servicio de Internet.

PROYECCIONES DE MERCADO PARA LOS PRIMEROS 5 AÑOS					
PROVINCIA:	Azuary				
CANTON:	Gualaceo				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
POBLACIÓN CANTON (Habitantes)	48.038	48.781	49.952	50.267	51.224
DEMANDA POTENCIAL	2.402	2.439	2.498	3.016	3.073
Objetivo de Mercado para el Cantón (%)	5,5	7	8,5	9,5	11,5
Demanda Objetivo Según el Tipo de Cliente/Abonado (Clientes/abonados)	132	171	212	287	353

Tabla 4.27. Objetivo de mercado para el Cantón Gualaceo caso 2. ^[2]

PROYECCIONES DE MERCADO PARA LOS PRIMEROS 5 AÑOS					
PROVINCIA:	Azuary				
CANTON:	Chordeleg				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
POBLACIÓN CANTON (Habitantes)	13.519	13.727	13.936	14.145	14.354
DEMANDA POTENCIAL	541	549	697	707	718
Objetivo de Mercado para el Cantón (%)	5,5	7	7,5	8	11,5
Demanda Objetivo Según el Tipo de Cliente/Abonado (Clientes/abonados)	30	38	52	64	83

Tabla 4.28. Objetivo de mercado para el Cantón Chordeleg caso 2. ^[3]

4.6.2.1. Tabla de Flujo De Fondos

La siguiente tabla presenta el flujo de fondos de la empresa que ofrecerá el servicio de Internet a través del sistema EoC.

TABLA DE FLUJO DE CAJA (Expresado en USD)						
ÍTEM	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		55.707,5	58.239,1	73.280,8	98.042,8	120.298,7
Gastos Operacionales		39.757,0	43.846,6	49.230,0	56.458,4	64.170,2
Costos de ventas		27.783,9	29.103,2	32.507,7	36.877,1	41.103,7
Terminales/Equipo		4.046,2	1.183,1	1.384,7	2.140,5	2.145,1
EBITDA (Margen o Utilidad Bruta de Explotación)		-15.879,5	-15.893,8	-9.841,6	2.566,7	12.879,8
Total Depreciación Anual		18.156,7	18.356,7	18.556,7	400,0	1.533,3
EBIT (Margen o Utilidad Operativa)		-34.036,2	-34.250,5	-28.398,3	2.166,7	11.346,5
Gastos Financieros		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Participación de utilidades a empleados		0,0	0,0	0,0	325,0	1.702,0
Impuesto a utilidades		0,0	0,0	0,0	541,7	2.836,6
Margen Neto		-34.036,2	-34.250,5	-28.398,3	1.300,0	6.807,9
Aumento Capital de Trabajo		4.642,3	211,0	1.253,5	2.063,5	1.854,7
Inversiones Totales	54.470,0	600,0	600,0	0,0	4.600,0	0,0
Crédito - Desembolso Inicial	0,0					
Amortizaciones		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Valor Presente de la Perpetuidad						52.300,1
Flujo de Caja USD	-54.470,0	-21.121,8	-16.704,8	-11.095,1	-4.963,5	6.486,5

Tabla 4.29. Tabla de flujo de fondos del caso 2.

La tabla de flujo de fondos da a conocer que los valores de ingresos se reducen a la mitad, los gastos de conexión también se reducen, todos los valores presentados en la tabla se reducen, esto se presenta por la reducción de clientes que desean adquirir el servicio.

4.6.2.2. Indicadores de Rentabilidad

En este proyecto se ha tomado como criterio de rentabilidad al VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno).

4.6.2.3. VAN (Valor Actual Neto)

La Ecuación 4.1 permite obtener el VAN para un determinado proyecto:

$$VAN = -Vi + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Dónde:

VAN Valor Actual Neto.

Vi Valor de la inversión inicial del proyecto.

Ft Flujo de fondos en cada periodo t.

k Tasa de retorno del periodo (9,7% tasa interés activa efectiva referencial determinada por el Banco Central del Ecuador) n Número de periodos.

$$VAN = -54470 + \frac{-21.121,8}{(1+0.097)^1} + \frac{-16.704,8}{(1+0.097)^2} + \frac{-11.095,1}{(1+0.097)^3} \\ + \frac{-4.963,5}{(1+0.097)^4} + \frac{6.486,5}{(1+0.097)^5}$$

$$VAN = -69.012,63$$

Dado que el VAN es menor que cero se califica al proyecto como no rentable.

4.6.2.4. TIR (Tasa Interna de Retorno)

La Ecuación 4.2 permite obtener el TIR del presente proyecto:

$$VAN = -Vi + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = 0$$

Dónde:

TIR Tasa Interna de Retorno.

VAN Valor Actual Neto que es igual a cero.

Vi Valor de la inversión inicial del proyecto.

Ft Flujo de fondos en cada periodo t.

n Número de periodos.

Reemplazando los valores correspondientes se tiene:

$$0 = -54470 + \frac{-21.121,8}{(1+0.097)^1} + \frac{-16.704,8}{(1+0.097)^2} + \frac{-11.095,1}{(1+0.097)^3} + \frac{-4.963,5}{(1+0.097)^4} + \frac{6.486,5}{(1+0.097)^5}$$

$$TIR = -58 \%$$

El TIR es menor al 20%, además es menor que cero, por lo tanto el negocio no es aceptable para la inversión y no se considera rentable.

4.7. MARCO REGULATORIO

El análisis legal para la formación de un SVA comprende todas las normas establecidas a cumplirse para su inicialización. Incluye toda la documentación a ser presentada a los organismos de regulación y control para que sea legalmente aprobado su funcionamiento y posteriormente pueda ser implementada. El marco regulatorio es el conjunto de leyes y políticas que buscan corregir o aminorar fallos en el mercado de las telecomunicaciones mediante ciertas intervenciones públicas en el sector. Los instrumentos de regulación pretenden uno o varios de los siguientes objetivos:

- Introducir un mercado donde no lo hay.
- Que exista cierta competencia en un mercado que por sus características no es, ni puede ser competitivo.
- Garantizar ciertas prestaciones, que son especialmente, relevantes de acuerdo con el interés público general.

4.7.1. Organismo Nacionales de Regulación y Control

Existen varios organismos de regulación y control en el sector de las telecomunicaciones en el Ecuador. Cada uno cumple funciones específicas, ya sean de normativa o de control. El Decreto Ejecutivo No. 8, expedido por el Presidente de la República el 13 de Agosto del 2009, crea el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL), que contempla, entre otras cosas, la fusión del Concejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL) con el Concejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) y atribuye las funciones administrativas que ejercía el presidente del CONARTEL al Secretario Nacional de Telecomunicaciones. El Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL) es el ente encargado de establecer y coordinar la política del sector de las telecomunicaciones, garantizando la masificación de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la población del Ecuador, incrementando y mejorando la Infraestructura de Telecomunicaciones. Además, debe apoyar y facilitar la gestión del resto de organismos de regulación y control de las telecomunicaciones para el cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo. El Concejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) es el encargado de administrar y regular los servicios de telecomunicaciones en el Ecuador, para que todos los operadores del sector de las telecomunicaciones operen en condiciones de máxima eficiencia. Además dicta las normas que corresponden para impedir las prácticas que impidan la leal competencia, y determinar las obligaciones que los operadores deban cumplir en el marco que determinan la Ley y reglamentos respectivos. La Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) se encarga de ejecutar la Política de Telecomunicaciones con transparencia, efectividad y eficiencia. La Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL) es la entidad calificada para vigilar, auditar, intervenir y controlar técnicamente la prestación de los servicios de telecomunicaciones, radiodifusión, televisión y el uso del espectro radioeléctrico. El Concejo Nacional de Radio y Televisión (CONARTEL), aunque prácticamente no se encuentra en funcionamiento debido a la creación del Decreto Ejecutivo No. 8, aún se encuentra

vigente pues no ha sido derogada su creación hecha mediante ley. Es el responsable de regular, otorgar y autorizar los medios, sistemas y servicios de radiodifusión y televisión, en todo el territorio nacional, mediante la aplicación de la legislación que en materia se encuentre vigente.

4.7.2. Regulación para ISPs en el Ecuador

La regulación y las normas para empresas que desean brindar servicios de Internet en el Ecuador están definidas por el Concejo Nacional de Telecomunicaciones. A su vez, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones se encarga de aplicar las políticas dictadas por el CONATEL, mientras que la Superintendencia de Telecomunicaciones es la asignada de controlar que las normas se cumplan. Según la regulación ecuatoriana, el servicio de Internet es considerado un servicio de valor agregado (SVA) y su uso y explotación está regida bajo las siguientes leyes y reglamentos:

- Ley Especial de Telecomunicaciones, publicada en el Registro Oficial No. 996 del 10 de agosto de 1992 y sus reformas.
- Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, publicado en el Registro Oficial No. 404 del 4 de septiembre del 2001.
- Reglamento para la Prestación de los Servicios de Valor Agregado, publicado en el Registro Oficial No. 545 del 1 de abril del 2002.
- Reglamento de Control de los Servicios de Telecomunicaciones, publicado en el Registro oficial 274 del 10 de septiembre de 1999.
- Reglamento para otorgar concesiones de los Servicios de Telecomunicaciones, publicado en el Registro Oficial No. 480 del 24 de diciembre del 2001.
- Reglamento para Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones del 25 de octubre del 2007.
- Plan Nacional de Frecuencias, publicado en el Registro Oficial No. 192 del 26 de octubre del 2000.
- Normas de Calidad para la Provisión del Servicio de Valor Agregado de Internet del 27 de julio del 2009.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones:

- Al desarrollar el estudio y análisis de todo el proyecto presentado se cumple con los objetivos y expectativas trazadas al comienzo de este, que logra soluciones de buena calidad en un tiempo prudente para el sistema que se desea implementar.
- Los servicios de Telecomunicaciones como es el sistema de datos e Internet son competitivos en el mercado, por lo cual es necesario disponer de una red escalable, confiable, adaptable, y de gran capacidad, para brindar un servicio de gran calidad.
- Al usuario le es indiferente la infraestructura mediante la cual se le provea los servicios que solicitan, lo importante es que le ofrezcan mejores precios con mayor calidad. Por este motivo el usuario puede recibir los servicios de televisión por cable, Internet sin la necesidad de instalar dos equipos finales o trabajar con otros proveedores diferentes.
- Las redes PON presentan como características clave la capacidad de sobresuscripción. Esto permite a los operadores ofrecer a los abonados más tráfico cuando lo necesiten y cuando en la red no haya otros abonados que están empleando todo el ancho de banda disponible en la red. Esta funcionalidad es denominada ubicación dinámica del ancho de banda o DBA (*Dynamic Bandwidth Allocation*) del PON punto a multipunto.
- Todas las ventajas que ofrece la fibra óptica como medio de transmisión, las redes ópticas pasivas (PON) se han convertido actualmente en una de las mejores opciones tecnológicas para redes de acceso y se ha escogido la tecnología EPON ya que soporta todo tipo de tráfico lo que permite brindar servicio de datos, video y telefonía, que para ser servido con calidad requiere de un gran ancho de banda.

- La tecnología de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) permite a proveedores de servicios, transmitir tráfico en cualquier formato independiente de la aplicación que se haga, esta propiedad resalta la flexibilidad de la multiplexación en aceptar cualquier tipo de datos, video, telefonía.

- El mercado meta de la empresa en los cantones de Gualaceo y Chordeleg se encuentra compuesto por familias y empresas que se encuentran en barrios que conocen de los servicios que brinda un proveedor de Internet, usan moderadamente esos servicios y están en la capacidad económica de adquirir el servicio.

- Mediante el estudio de mercado realizado se pudo obtener información de forma más exacta que mediante la obtención de datos de fuentes externas, en particular la información que se refiere al comportamiento relacionado al uso de servicios de Internet de los habitantes de los cantones de Gualaceo y Chordeleg. Esto permite definir de mejor manera los requerimientos explícitos que la empresa tiene que cumplir para satisfacer las exigencias de los potenciales clientes.

- La oferta de servicios de telecomunicaciones en los cantones Gualaceo y Chordeleg es considerable. El acelerado ritmo con el que la población se incrementa y hace que los servicios prestados en el sector puedan ser mercado para más competidores. Esto deviene en un requerimiento de empresas que puedan suplir en un corto plazo las necesidades básicas y tecnológicas de los pobladores. El mercado meta es mayoritariamente residencial en el sector.

5.2 Recomendaciones

- La introducción de nuevas tecnologías resulta necesario realizar una actualización a las normas de diseño y construcción de redes de servicios con las que cuenta Gualaceo TV, y además crear normas para diseño y construcción de redes de datos que contemplen servicios video, datos y telefonía.
- Se recomienda implementar redes con fibra óptica con tecnología PON ya que los costos de implementación son muchos más bajos que implementar otro tipo de redes cuyas ventajas frente a estas nuevas redes de acceso no son representativas, además, que la calidad de servicio que se brinda con esta nueva tecnología es superior.
- Como se va a incursionar en nuevas tecnologías es necesario contar con personal capacitado en este tipo de sistemas ya que indiscutiblemente la infraestructura de telecomunicaciones apunta al crecimiento con mayores y mejores servicios.
- También se recomienda tener un monitoreo constante de la red, con equipos como un analizador de espectro óptico un OTDR, podemos llevar a cabo lecturas tanto de fallos de conexión, atenuación, niveles de OSNR y dispersión, nos da información de cómo está respondiendo un canal, previendo así posibles malos funcionamientos y dar periódicamente mantenimientos para tener un sistema totalmente confiable.

REFERENCIAS

LIBROS

- [1] KRAMER, Glen, *Ethernet Passive Optical Networks*, McGraw-Hill, United States of America, 2005.
- [2] WILLIAM, Stallings, *Comunicaciones y Redes de Computadores*, 7^{ma} Edición, PEARSON EDUCACION, Madrid, 2004.
- [3] MOCHON, Francisco, *Principios de Economía*, 3^{ra} Edición, Mc Graw Hill, España, 2004.
- [4] DORNBUSCH, Rudiger, *Macroeconomía*, 7^{ma} Edición, Mc Graw Hill, 1998.
- [5] NERI, Rodolfo, *Líneas de Transmisión*, 1^{ra} Edición, McGraw-Hill, México, 2004.
- [6] PEDRET, Ramón, *Herramientas para Segmentar Mercados y Posicionar Productos*, 3^{ra} Edición, Bilbao: Deusto, España, 2003.
- [7] KOTLER, Philip, *Fundamentos de Marketing*, 6^{ta} Edición, PEARSON, México, 2003.
- [8] MONTALVAN, César, *Los recursos humanos para la pequeña y mediana empresa*, 1^{ra} Edición, Universidad Iberoamericana, México, 1999.
- [9] CHARLES, T y HONGREN, George, *Contabilidad de costos: Un enfoque gerencial*, 12^{ma} Edición, Pearson Prentice Hall, México, 2007.
- [10] WILLIAM, G, y Otros, *Ingeniería económica de DeGarmo*, 10^{ma} Edición, Pearson Prentice Hall, México, 2004.
- [11] NEVADO, Domingo, *Cómo gestionar el binomio rentabilidad-productividad: Función económico*, 1^{ra} Edición, Wolters Kluwer, España, 2007.
- [12] PASQUAL, Joan, *La Evaluación de Políticas y Proyectos: Criterios de Valoración Económicos y Sociales*, 2^{da} Edición, Universidad Autónoma de Barcelona, España, 2003.

[13] COSS BU, Raúl, *Análisis y evaluación de proyectos de inversión*, Editorial Limusa, México, 2005.

[14] BESLEY, Scott, *Fundamentos de administración financiera*, 14^{va} Edición, Cengage, 2008. México.

TESIS

[15] CADME, María, y CHUYA, Diego, *Propuesta de optimización de la cobertura del sistema de datos e internet de la provincia del Cañar brindado por la corporación nacional de telecomunicaciones sucursal Cañar*, Tesis Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Carrera de Ingeniería Electrónica, Cuenca, Ecuador, 2012.

[16] ILLESCAS, Cristian, y ILLEACAS, John, *Estudio previo para la implementación del sistema triple play en una red HFC de la empresa SERVICABLE*, Tesis Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Carrera de Ingeniería Electrónica, Cuenca, Ecuador, Mayo, 2010.

[17] ACURIO, Hilda, SANGURIMA, Jorge, *Diseño de una red GPON para la empresa eléctrica regional centro sur C.A.*, Tesis Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Carrera de Ingeniería Electrónica, Cuenca, Ecuador, Abril, 2009.

[18] CEVALLOS, Ramiro, y MONTALVO, Richard, *Estudio y diseño de una red de última milla, utilizando la tecnología G-PON, para el sector del nuevo aeropuerto de quito*, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito, Ecuador, 2010.

[19] LOGROÑO, Jorge, *Integración de las redes ópticas pasivas Ethernet EPON/GPON con la tecnología WiMAX*, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito, Ecuador, 2008.

FOLLETOS

- [20] ITU-T G.984.1, “Gigabit-Capable Passive Optical Networks (GPON): General Characteristics”. 29 Marzo 2008.
Documento recuperado el 10 de Diciembre del 2011.
<https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/1047815/1/T-REC-G-1.984.1-200803-!!!PDF-E.pdf>
- [21] ITU-T G.984.2, “Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification”, Marzo 2008.
Documento recuperado el 11 de Diciembre del 2011.
<http://www.catr.cn/radar/itut/201007/P020100707652069507159.pdf>
- [22] ITU-T G.984.3, “Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Transmission convergence layer Specification”, Marzo 2008.
Documento recuperado el 12 de Diciembre del 2011.
<http://www.catr.cn/radar/itut/201007/P020100707651910165098.pdf>
- [23] ITU-T G.984.4, “Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): ONT management and control interface specification”, 22 Febrero 2008.
Documento recuperado el 13 de Diciembre del 2011.
<https://datatracker.ietf.org/documents/LIAISON/file1019.pdf>
- [24] ITU-T G.984.6, “Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Reach extension”, 29 de Marzo del 2008.
<http://www.catr.cn/radar/itut/201007/P020100707626379068389.pdf>
- [25] TELEFÓNICA ESPAÑA, “Estado actual y evolución de las infraestructuras para los ámbitos de Hogar Digital y Entorno Personal Digital”, Foro MINT 2007 – Telecomunicaciones / IHD, Tecnología y Planificación de Servicios, 23 de Enero de 2007.
Documento recuperado el 15 de Diciembre del 2011.
http://www.casadomo.com/casadomo/biblioteca/telefonica_foromint2007_miguel_angel_blanco_ppt.pdf

- [26] PEZAVENTO, Gerry, y JC, Kuo, KOYAMA, Tetsu, “IEEE Access Standards, 802.3ah GE-PON Status”, ITU-T Workshop IP/Optical, Chitose, Japón, 9-11 Julio 2002.
Documento recuperado el 15 de Diciembre del 2011.
<http://www.itu.int/itudoc/itu-t/workshop/optical/s3amp03.pdf>
- [27] GW TECHNOLOGIES CO. LTD. “EPON Technology White Paper”, Beijing.
Documento recuperado el 15 de Diciembre del 2011.
<http://www.argo-contar.com/solutions/EPON%20Technology%20White%20Paper.pdf>
- [28] HAJDUCZENIA, Marek, “EPONs – Revolution in Access Networks”, Universidad de Coimbra, Portugal, Octubre 2004.
Documento recuperado el 15 de Diciembre del 2011.
http://www.co.it.pt/seminarios/webcasting/itcbr_25_05_05.pdf
- [29] IEEE 802.3 Ethernet Working Group Atlanta, “Operatng the EPON protocol over Coaxial Distributon Networks Call for Interest”, 08 November 2011.
Documento recuperado el 20 de Diciembre del 2011.
http://www.ieee802.org/3/cfi/1111_1/CFI_01_1111.pdf
- [30] TANAKA, Keiji, GADKARI, Ketan, “10Gbps PHY for EPON Call for Interest”, Denver Colorado, 7 Marzo 2006.
Documento recuperado el 15 de Diciembre del 2011.
http://www.ieee802.org/3/cfi/0306_1/cfi_0306_1.pdf
- [31] KRAMER, Glen, Teknovus, “EPON: Challenges in Building a Next Generation Access Network”, Octubre 2003.
Documento recuperado el 15 de Diciembre del 2011.
<http://www.cs.ucdavis.edu/~kramer/papers/cnft03.pdf>
- [32] Fabrice BOURGART, France Telecom, “Optical Access Transmission: XG-PON system aspects”, Lisbon, Febrero 2010.
Documento recuperado el 25 de Diciembre del 2011.

http://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/com15/Documents/tutorials/Optical_access_transmission.pdf

- [33] GRRANTTWAVE, “GrranttWave GEAPON+EOC Prroducett & Solluttiion”, Shenzhen City, China, 2011,
Documento recuperado el 13 de Marzo del 2012.
http://www.grantwave.com.cn/GrantWave_GEAPON+EOC_Product&Solution%202011.v1.0.pdf
- [34] HUANG, Jing, LIU, Deming, WU, Guangsheng, “Design and Implementation of the Broadband Network Access System over MoCA”, School of Optoelectronics Science and Engineering of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, China.2009.
Documento recuperado el 18 de Marzo del 2012.
<http://144.206.159.178/ft/CONF/16439698/16439712.pdf>
- [35] HiOSO, Shenzhen HiOSO Technology Co., Ltd. “HiOSO EPON EOC System”. 2011.
Documento recuperado el 18 de Marzo del 2012.
<http://www.hioso.com>
- [36] TELESTE CORPORATION, “Ethernet to the Home, A revolutionary technology for high speed data access over cable”, TURKU, Finland, 2010.
- [37] ZHOU, Shujia, SONG, Yingxiong, LIN, Rujian, “FTTB Multimedia Access Solution Based on MoCA Technology”, Shanghai University, Shanghai, China, 2011.
- [38] NGUYEN, Van, “Bridging the Light to the MDU”, Broadband Journal, Vol. 33 No. 2, Abril 2011.
Documento recuperado el 22 de Marzo del 2012.
http://www.pbn.com.au/library/Bridging_the_Light-SCTE_Broadband_Journal-April_2011.pdf

- [39] LATTANZI, Miguel, GRAF, Agustín, “Redes FTTx Conceptos y Aplicaciones”
Redes de Acceso: Escenario Actual, IEEE Argentina.
Documento recuperado el 25 de Marzo del 2012.
<http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/TUTORIAL%209%20Lattanzi%20y%20Graf-%20IEEE.pdf>
- [40] DIAZ, Sergio, “SISTEMAS AVANZADOS DE COMUNICACIONES REDES DE CABLE”, DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA
Universidad de Sevilla.
Documento recuperado el 17 de Abril del 2012.
<http://www.gsi.dit.upm.es/~legf/Varios/redes-cable.pdf>
- [41] PEREZ, Constantino, “INTRODUCCION A LOS SISTEMAS TRANSMISORES DE TELEVISION”. 2005.
Documento recuperado el 27 de Abril del 2012.
<http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Introduccion%20a%20los%20sistemas%20transmisores%20de%20TV.pdf>
- [42] MALLETT, Edwin. “MSO Use Case Topologies for EPOC”. IEEE 802.3
Plenary Meeting Waikoloa, HI. March 12-16, 2012.
Documento recuperado el 5 de Mayo del 2012.
http://www.ieee802.org/3/epoc/public/mar12/mallette_01_0312.pdf
- [43] HONGFENG. TECHNICAL DATA SHEET. Single Mode Optical Fiber Cable
ITU-T Rec. G652D.
- [44] MOTOROLA intelligence everywhere, “Fundamentos de los Sistemas de Cable”,
Motorola Document Classification, Canopy Enterprise Solution, Rev. 2.0. 2006.
Documento recuperado el 10 de Mayo del 2012.
<http://www.tvpccolombia.com>
- [45] SENATEL, “PROVEEDORES DE SERVICIO DE VALOR AGREGADO DE INTERNET (ISP's)”.
Documento recuperado el 18 de Mayo del 2012.

<http://www.conatel.gob.ec>

- [46] OCHOA, Edgar, “Módulo de Comunicaciones III”, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca – Ecuador, 2010.
- [47] CORONEL, Jonathan, “CDMA - Presentaciones Comunicaciones IV”, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca – Ecuador, 2010.
- [48] REINOSO, Marco, “Control de Mercadotecnia – Módulo De Mercadotecnia”, Universidad Católica, Cuenca – Ecuador, 2010.

ANEXOS

ANEXO 1.1

Características de comparación entre servicios ATM y SDH y EPON

OBJETIVO	SOLUCIONES ATM Y SDH	SOLUCIONES ETHERNET PON
Servicio en Tiempo Real	El diseño de la arquitectura y servicios orientados a conexión de ATM asegura la calidad y confiabilidad requerida para servicios de tiempo real.	Un equipo routing/switching que ofrece IP/Ethernet con avanzado control de admisión, ancho de banda garantizado, tráfico en orden, y recursos de administración de la red, extiende significativamente las soluciones de Ethernet existentes en LANs tradicionales.
Multiplicación Estadística	Trafico de orden y recursos de administración de la red permite repartir ancho de banda entre usuarios de servicios de tiempo no real. El ancho de banda dinámico necesita implementación.	Funcionalidad de administración de tráfico que atraviesa la arquitectura interna y el interfaz externo provee una política coherente basada en la administración de tráfico que atraviesan los OLT y ONUs. El trafico IP que fluye es inherente conservando el ancho de banda (multiplexaje estadístico).
Entrega Multiservicio	Estas características trabajan en conjunto para asegurar que la firmeza sea mantenida entre diferentes servicios coexistentes en una red común.	Prioridad de servicios y SLAs aseguran que los recursos de la red estén siempre disponibles para un servicio en específico del cliente. Proporcionando al proveedor un servicio de control, como CATV y video IP interactivo.
Capacidades de Administración	Un sistemático aprovisionamiento de tramas de trabajo y una avanzada funcionalidad de administración realiza la operación de herramientas disponibles para administrar la red.	Integrado al EMS con los OSSs (Operation Support System) de los proveedores de servicio emula los beneficios de redes orientadas a conexión y las facilidades de aprovisionamiento, desarrollo y administración de servicios IP y end to end
Protección	Línea conmutada de un anillo bidireccional (BLSR) y paquetes conmutados de un anillo unidireccional (ULSR) provee un total sistema de redundancia y restauración.	Arquitectura de cuenta de rotación en anillo provee protección conmutando en sub intervalos de 20 ms.

ANEXO 3.1

Características técnicas de los equipos de la empresa de televisión Gualaceo TV.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS					
COMPONENTE	DESCRIPCION	CANT	MARCA	MODELO	OBSERVACION
HEAD END/CABECERA DE RED	Antenas Satelitales	6	Nacional TVSAT	S300	Antena Parabólica Banda C
HEAD END/CABECERA DE RED	Antenas Satelitales	1	Nacional TVSAT	S1138	Antena Parabólica Banda Ku
HEAD END/CABECERA DE RED	Antenas Aire	4	PROSTAR 1000	PR-7015	Antena Yagui VHF/UHF/FM
HEAD END/CABECERA DE RED	Moduladores	74	Pico macom	PCM 550 SAW	
HEAD END/CABECERA DE RED	LNB	6	WS International LNBF Banda C	DMX241	Banda Recepción C
HEAD END/CABECERA DE RED	LNB	1	NORSAT	Digital Ku- Band DRO LNB 4000 Series	Banda Recepción Ku
HEAD END / CABECERA DE RED	Demoduladores	4	EASTEC	T860	
HEAD END/CABECERA DE RED	Combinadores	4	EASTEC	E2400	Combinador de 24 canales
HEAD END/CABECERA DE RED	Receptores Satelitales (IRD)	40	SCIENTIFIC ATLANTA	POWERVU 9835	
HEAD END/CABECERA DE RED	Receptores Satelitales (IRD)	30	FORTEC STAR	MERCURY II	
HEAD END/CABECERA DE RED	ODF	3			Ordena 24 Fibras
COMPONENTE	DESCRIPCION	CANT	MARCA	MODELO	OBSERVACION
RED TRONCAL	Red de Fibra Optica	25 Km	HONGFENG	XX0124M1Y- DWB	Fibra optica de 12 hilos
RED TRONCAL	Nodo optico	9	TELESTE	AC800 FIBRE OPTIC NODE	
RED TRONCAL	SM Coupler	4	TUOLIMA	1x4	
RED TRONCAL	Trasmisor Optical	4	PICO MACOM	PFT - 14	
COMPONENTE	DESCRIPCION	CANT	MARCA	MODELO	OBSERVACION
RED DISTRIBUCIÓN	Amplificador	54	Amplificador General Instruments	Minibriyerd 750MHz	
RED DISTRIBUCIÓN	Cable Coaxial	20 Km	HONGFENG	P3 500JCAM	
RED DISTRIBUCIÓN	Outdoor Splitter	15	TUOLIMA	ST-2,3	
RED DISTRIBUCIÓN	TAP	680	TUOLIMA	Outdoor 4-Way	
COMPONENTE	DESCRIPCION	CANT	MARCA	MODELO	OBSERVACION
RED SUSCRIPTOR	Cable coaxial	21 Km	HONGFENG	F6TSVV	

ANEXO 3.2

Ubicación geográfica de los nodos que se encuentran dentro del área de cobertura. Se indican las distancias desde la Oficina Central.

ENLACE	NODO A (ORIGEN)	NODO B (DESTINO)	COORDENADAS NODO A	COORDENADAS NODO B	MEDIO DE CONEXIÓN	Distancia (m) de enlace
1	Head End Gualaceo TV (Manuel Moreno y Davila Chica)	Nodo-Z1 Av. Jaime Roldos y Antonio Delgado	78° 46' 44,55" O 2° 53' 31,98" S	78° 46' 34,17" O 2° 53' 18,24" S	Fibra Optica	950 m
2	Head End Gualaceo TV (Manuel Moreno y Davila Chica)	Nodo-Z2 Av. Colon y Luis Cordero	78° 46' 44,55" O 2° 53' 31,98" S	78° 46' 37,6" O 2° 53' 29,33" S	Fibra Optica	450 m
3	Head End Gualaceo TV (Manuel Moreno y Davila Chica)	Nodo-Z3 Av. Luis Salazar y Luis Rios	78° 46' 44,55" O 2° 53' 31,98" S	78° 46' 54,71" O 2° 53' 26,88" S	Fibra Optica	600 m
4	Head End Gualaceo TV (Manuel Moreno y Davila Chica)	Nodo-Z4 Av. Miguel Guillen y Rumiñahui	78° 46' 44,55" O 2° 53' 31,98" S	78° 46' 45,76" O 2° 53' 56,45" S	Fibra Optica	950 m
5	Head End Gualaceo TV (Manuel Moreno y Davila Chica)	Nodo-Z5 Chordeleg 1	78° 46' 44,55" O 2° 53' 31,98" S	78° 46' 28,68" O 2° 55' 16,3" S	Fibra Optica	4100 m
6	Head End Gualaceo TV (Manuel Moreno y Davila Chica)	Nodo-Z6 Chordeleg 2	78° 46' 44,55" O 2° 53' 31,98" S	78° 46' 36,82" O 2° 55' 28,24" S	Fibra Optica	4600 m

ANEXO 3.3

Lista de equipos de para la implementación del sistema EPON + EoC

EQUIPOS REQUERIDOS					
COMPONENTE	DESCRIPCION	CANT	MARCA	MODELO	OBSERVACION
OFICINA CENTRAL/HEAD END	OLT	1	VISTA	1800	4 Puertos PON(SC/PC), 4 Puertos opticos CATV (SC/PC)
OFICINA CENTRAL/HEAD END	Trasmisor Optico de CATV 1550 nm	1	VISTA	WT-1550 1550nm	Ancho de banda 45-862 MHz, ingresos de RF 75-85 dBuV, conector SC/APC, salida optica 7 dBm.
OFICINA CENTRAL/HEAD END	Amplificador EDFA de CATV 1550 nm	1	VISTA	WE-1550 1550nm	Longitud de onda 1550nm, salida optica 23 dBm, conector SC/APC
OFICINA CENTRAL/HEAD END	ODF	5	TUOLIMA	F-24	Para ordenar 24 fibras.
OFICINA CENTRAL/HEAD END	Splitter optico PLC	6	TUOLIMA	1x6	
OFICINA CENTRAL/HEAD END	Servidor HP ProLiant ML350 G6	1	HP	ProLiant ML350 G6	Servidor
COMPONENTE	DESCRIPCION	CANT	MARCA	MODELO	OBSERVACION
RED TRONCAL	Fibra Optica	7,5Km	HONGFENG	XX0124M1Y-DWB	Fibra optica de 24 hilos
RED TRONCAL	ONU	6	VISTA	Vista-B03c	Una sola fibra de ingreso, tres longitudes de onda 1310/1490/1550, pueros de RJ45 a 100Mbps, salida de CATV en 860MHz a 100dBu.
RED TRONCAL	Splitter optico PLC	6	TUOLIMA	1x6	
COMPONENTE	DESCRIPCION	CANT	MARCA	MODELO	OBSERVACION
RED DISTRIBUCIÓN	EoC master	6	HIOSO	HA3202W	IP datos 100 Mbps, modulacion OFDM BSPK, QPSK, 1024/256/64/16/8-QAM, 7.5 ~ 30MHz, dos salidas hibridas de RF con un nivel de 108 dBuV, 253 Eoc esclavos
COMPONENTE	DESCRIPCION	CANT	MARCA	MODELO	OBSERVACION
EQUIPOS DE USUARIO	EoC esclavo	1518	HIOSO	HA302W	IP datos 100 Mbps, modulacion OFDM BSPK, QPSK, 1024/256/64/16/8-QAM, 7.5 ~ 30MHz, ingreso hibrida de RF con un nivel de 108 dBuV, 2 salidas de RJ45 y salida para TV

ANEXO 4.1

Tabla de costos de equipos a implementar el sistema EoC

ARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS							
Componente	Descripción	Cant	MARCA	MODELO	OBSERVACION	Precio C/U	Precio Total
OFICINA CENTRAL/HEAD END	OLT	1	VISTA	1800	4 Puertos PON(SC/PC), 4 Puertos ópticos CATV (SC/PC)	8500	8500
OFICINA CENTRAL/HEAD END	Trasmisor Óptico de CATV 1550 nm	1	VISTA	WT-1550 1550nm	Ancho de banda 45-862 MHz, ingresos de RF 75-85 dBuV, conector SC/APC, salida óptica 7 dBm.	3000	3000
OFICINA CENTRAL/HEAD END	Amplificador EDFA de CATV 1550 nm	1	VISTA	WE-1550 1550nm	Longitud de onda 1550nm, salida óptica 23 dBm, conector SC/APC	3000	3000
OFICINA CENTRAL/HEAD END	ODF	3	TUOLIMA	F-24	Para ordenar 24 fibras.	120	360
OFICINA CENTRAL/HEAD END	Splitter óptico PLC	1	TUOLIMA	1x6		180	180
Componente	Descripción	Cant	MARCA	MODELO	OBSERVACION	Precio C/U	Precio Total
RED TRONCAL	Fibra Óptica	7500 m	HONGFEN G	XX0124M1 Y-DWB	Fibra óptica de 24 hilos	2	15000
RED TRONCAL	ONU	6	VISTA	Vista-B03c	Una sola fibra de ingreso, tres longitudes de onda 1310/1490/1550, puertos de RJ45 a 100Mbps, salida de CATV en 860MHz a 100dBu.	500	3000
RED TRONCAL	Splitter óptico PLC	6	TUOLIMA	1x6		180	1080
Componente	Descripción	Cant	MARCA	MODELO	OBSERVACION	Precio C/U	Precio Total
RED DISTRIBUCIÓN	EOC master	6	HIOSO	HA3202W	IP datos 100 Mbps, modulación OFDM BSPK, QPSK, 1024/256/64/16/8-QAM, 7.5 ~ 30MHz, dos salidas híbridas de RF con un nivel de 108 dBuV	450	2700

Componente	Descripción	Cant	MARCA	MODELO	OBSERVACION	Precio C/U	Precio Total
EQUIPOS DE USUARIO	EOC esclavo	353	HIOSO	HA302W	IP datos 100 Mbps, modulación OFDM BSPK, QPSK, 1024/256/64/16/8-QAM, 7.5 ~ 30MHz, ingreso hibrida de RF con un nivel de 108 dBuV, 2 salidas de RJ45 y salida para TV	50	17650
TOTAL							54470