



**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA RED DE ACCESO
PARA SERVICIOS TRIPLE PLAY EN EL SECTOR CENTRAL
DE LA CIUDAD DE IBARRA, MEDIANTE LA COMBINACIÓN
DE LAS TECNOLOGÍAS FTTX (FIBER TO THE X).**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**ALEJANDRA SORAYA QUISHPE PÉREZ
(alejas_qp@hotmail.com)**

**NUVIA SORAYA VINUEZA ESTÉVEZ
(nuvys@hotmail.com)**

**DIRECTOR: M.Sc. María Soledad Jiménez
(sjimenez@mailfie.epn.edu.ec)**

Quito, Mayo 2010

DECLARACIÓN

Nosotros, Alejandra Soraya Quishpe Pérez y Nuvia Soraya Vinueza Estévez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Alejandra Soraya Quishpe Pérez

Nuvia Soraya Vinueza Estévez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Alejandra Soraya Quishpe Pérez y Nuvia Soraya Vinueza Estévez, bajo mi supervisión.

M.Sc. María Soledad Jiménez

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Al concluir este proyecto quiero agradecer al creador de mi existencia, mi Padre de los cielos por cuidar de mi vida y permitir que hoy pueda terminar una etapa importante en mi camino.

Un profundo sentimiento de gratitud hacia mi familia: mis padres Víctor y Nelly, que me han enseñado a vencer las adversidades de la vida para conseguir este sueño que hoy se vuelve una realidad; a mi hermana Carla y mis sobrinas Emilia y Paula quienes son un apoyo importante en mi vida y especialmente a Naty quien me ha dado ejemplo de fortaleza y amor incondicional.

También quiero agradecer a Nuvia, por haber decidido compartir esta experiencia conmigo y por todas las experiencias compartidas durante todo este tiempo, por su paciencia, apoyo, comprensión y cariño, que Dios te bendiga a ti y a tu familia.

Quiero agradecer también a todas las personas que han estado pendientes de mi vida y han colaborado para que yo pueda culminar mis estudios y aun para la presentación de este trabajo, Dios les pague por el cariño y la confianza depositados en mi persona.

Alejandra

DEDICATORIA

A mi querido padre: por quien siempre estará presente una lágrima en mi rostro, tu ejemplo y cariño por nosotros aún permanece aunque Dios te haya llevado con él y hoy no puedas compartir esta alegría conmigo.

A mi mami luchadora incansable para afrontar las duras situaciones que se nos han presentado y de las cuales saldremos siendo vencedoras.

A Carla, Naty, Emilia y Paula.

Los quiero por siempre.

Alejandra

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme brindado la oportunidad de poder disfrutar de la vida, de concederme toda la capacidad para poder vencerme y cumplir con mis metas.

A mis padres Maritza y Juan quienes con su gran ejemplo me han demostrado que siempre se debe tener una meta y todos los días trabajar incansablemente para conseguirla. Gracias por su amor, confianza y paciencia. A mi bro Sebastian quien con su silencio ha sido siempre mi compañero y amigo.

Un enorme agradecimiento a Alejandra por ser esa compañera sincera, noble de un espíritu inquebrantable, mis mejores deseos para ti.

A mi Abue Leonor, Tíos y amigos.

Nuvia

DEDICATORIA

A mi abuelito Jesús Estévez un hombre maravilloso, fuerte, amoroso quien me enseñó a cruzar la carretera con brincos y risas sin tener miedo.

Nuvia

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I

FTTx (*FIBER TO THE x*)

1.1	Introducción	1
1.2	Las Redes De Acceso	2
1.2.1	Concepto	2
1.2.2	Tecnologías De Acceso Alámbricas	3
1.2.2.1	Tecnologías Xdsl (<i>X Digital Subscriber Line</i>).....	3
1.2.2.2	Tecnología HFC (<i>Híbrido Fiber Coaxial</i>).....	9
1.2.2.3	Redes De Fibra Óptica	11
1.2.2.3.1	Estructura De Una Red De Acceso De Fibra Óptica	12
1.2.2.3.2	Tipos De Redes Ópticas De Acceso	16
1.3	Servicios <i>Triple Play</i>	31
1.3.1	Definición.....	31
1.3.2	Servicios Que Forman Parte De L Paquete <i>Triple Play</i>	33
1.3.2.1	Acceso A Internet	33
1.3.2.2	Televisión Por Cable	35
1.3.2.3	Telefonía Fija.....	36
1.3.3	Arquitectura General De La Red <i>Backbone</i> Necesaria Para Ofrecer Servicios <i>Triple Play</i>	38

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DEL MERCADO

2.1	Introducción.....	43
-----	-------------------	----

2.2 Información General Y Estadísticas Del Sector De Las Telecomunicaciones En El Ecuador.....	43
2.2.1 Servicios De Valor Agregado Internet.....	45
2.2.2 Servicios De Televisión Por Cable.....	48
2.2.3 Servicio De Telefonía Fija.....	50
2.3 Empresas Que Ofrecen Servicios De Internet, Televisión Por Cable Y Telefonía Fija En La Ciudad De Ibarra.....	50
2.3.1 Andinatel S.A.	51
2.3.2 Lutrol	55
2.3.3 Cine Cable Tv.....	57
2.3.4 Soluciones Informaticas De Oriente.....	59
2.3.5 Grupo Tv Cable	60
2.3.6 Transelectric.....	62
2.4 Análisis Del Mercado	63
2.4.1 Tamaño Del Mercado	65
2.4.2 Cálculo De La Muestra	65
2.4.3 Análisis De Los Resultados	69
2.4.3.1 Segmento Residencial.....	69
2.4.3.2 Segmento Comercial	73
2.4.3.3 Segmento Educativo.....	79
2.4.4 Estimación De La Demanda	82
2.4.5 Proyección De La Demanda	84
2.4.5.1 Proyección De La Demanda Del Servicio De Telefonía Fija	84
2.4.5.2 Proyección De La Demanda Del Servicio De Televisión Por Cable .	86
2.4.5.3 Proyección De La Demanda Del Servicio De Internet.....	87
2.4.5.4 Proyección De La Demanda Del Servicio De Televisión Por Cable E Internet.....	88

2.4.5.2 Proyección De La Demanda Del Servicio <i>Triple Play</i>	90
--	----

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

3.1. Introducción.....	92
3.2 Diseño De La Red De Acceso	93
3.2.1 Selección Del Tipo De Red A Utilizarse En El Diseño.	93
3.2.2 Selección De La Tecnología Pon Adecuada	96
3.2.3 División Del Sector Seeleccionado	100
3.2.4 Ubicación De La Olt.....	100
3.2.5 Selección De La Fibra Óptica	104
3.2.5.1 Comparación De Los Diferentes Tipos De Cables Para El Tendido Aéreo	109
3.2.6 Selección Y Ubicación De Los Splitters	115
3.2.6.1 Ubicación De Los <i>Splitters</i> Primarios.....	117
3.2.6.2 Ubicación De Los Splitters Secundarios	120
3.2.7 Cálculo De La Capacidad De La Red	122
3.2.8 Selección De La Tecnología FTTx Apropiada.....	125
3.2.8.1 Comparación De FTTc Y FTTb.....	126
3.2.8.2 Usuarios FTTb.....	128
3.2.9 Distribución Del Servicio A Los Usuarios	133
3.2.9.1 Equipo De Usuario Final	133
3.2.10 Redundancia	134
3.2.11 Migración.....	135
3.3 Análisis De Pérdidas.....	135
3.4 Características De Los Equipos.....	144

3.5	Análisis De Los Proveedores Gpon	148
3.5.1	Selección de la mejor opción de los equipos.....	153

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE COSTOS

4.1	Introducción.....	157
4.2	Inversión Inicial.....	158
4.2.1	Costos Por Equipos De Red	158
4.2.2	Costos Por Permisos De Funcionamiento.	160
4.2.3	Costos Por Constitución De La Empresa.....	160
4.2.4	Costos por Administración y Operación	161
4.2.5	Costos por inmuebles.	167
4.2.6	Cálculo de la Inversión Inicial.....	167
4.3	Costos Totales Para El Primer Mes De Operación.	168
4.3.1	Costos Por Servicios.	168
4.3.2	Cálculo Costos Totales Para El Primer Mes De Funcionamiento.....	168
4.4	VALOR DEL SERVICIO	169
4.5	FLUJO DE CAJA.....	173
4.5.1	Detalle De Los Activos De La Empresa.	174
4.5.2	Cálculo De Depreciación Y Amortización De Los Activos	175
4.5.3	Cálculo De Los Ingresos De La Empresa.	178
4.5.4	Cálculo De Los Egresos De La Empresa.....	184
4.5.4.1	Cálculo de la amortización de la deuda	184
4.5.4.2	Cálculo del flujo de caja.....	191

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	193
5.2 RECOMENDACIONES.....	195

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ANEXO 1: PLANO DEL SECTOR SELECCIONADO PARA EL DISEÑO

ANEXO 2: MODELO DE LAS ENCUESTAS

ANEXO 3: TABULACIÓN DE LAS ENCUESTAS MEDIANTE EL SOFTWARE
DYANE

ANEXO 4: FIBRA ÓPTICA

ANEXO 5: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS MOTOROLA

ANEXO 6: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS TELLABS

ANEXO 7: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS SPLITTERS ÓPTICOS,
ONUs Y MODEMS TRIPLE PLAY

ANEXO 8: CATALOGO DE FIBRAS

ANEXO 9: RECOMENDACIÓN G.983.1

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I: FTTx (*FIBER TO THE x*)

Tabla 1.1: Velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea.....	7
Tabla 1.2.: Aplicaciones VDSL	8
Tabla 1.3: Características tecnologías xPON	20

CAPÍTULO II: ANÁLISIS DEL MERCADO

Tabla 2.1: Usuarios de los servicios de valor agregado para la Provincia de Imbabura.	47
Tabla 2.2: Listado de Permisionarios autorizados por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones para ofrecer servicios de Valor agregado Internet.	48
Tabla 2.3: Empresas autorizadas a ofrecer servicios de televisión por Cable en el Ecuador. 2008 para la provincia de Imbabura	49
Tabla 2.4: Cifras de ANDINATEL S.A válidos hasta septiembre 2009	50
Tabla 2.5 Precios de conexión Dial Up de Andinatel	52
Tabla 2.6: Características generales de los nodos de conmutación de Ibarra Número de encuestas a realizarse en el sector central de la ciudad de Ibarra.....	54
Tabla 2.7: Precios de conexión de Banda Ancha de INTERACTIVE	56
Tabla 2.8: Precios de ADSL comercial de INTERACTIVE	56
Tabla 2.9: Precios de ADSL <i>home</i> de INTERACTIVE	57
Tabla 2.10: Precios de los servicios de Valor Agregado Internet de TVCABLE.....	60
Tabla 2.11: Número de encuestas a realizarse en el sector central de la ciudad de Ibarra ...	68
Tabla 2.12: Número de usuarios dispuestos a cambiarse de proveedor y contratar <i>TRIPLE PLAY</i>	83
Tabla 2.13: Valores de la proyección de la demanda de telefonía fija en el cantón Ibarra.....	85

Tabla 2.14: Posibles usuarios del servicio de Televisión por Cable	86
Tabla 2.15: Número de clientes de acuerdo a la proyección a cinco años en el cantón Ibarra	87
Tabla 2.16: Posibles usuarios del servicio de valor agregado Internet	87
Tabla 2.17: Proyección de la demanda a cinco años.....	88
Tabla 2.18: Posibles usuarios del servicio de valor agregado Internet y TV por Cable.....	89
Tabla 2.19: Proyección de la demanda a cinco años.....	90
Tabla 2.20: Proyección a cinco año del servicio <i>TRIPLE PLAY</i>	91

CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

Tabla 3.1: Comparativa entre BPON y GPON.	97
Tabla 3.2: Comparación de cables aptos para el tendido aéreo.....	109
Tabla 3.3: Características de la fibra óptica G.652D elaborada por OFS	114
Tabla 3.4: Ubicación y distancias desde la OLT a los armarios de las 4 zonas	118
Tabla 3.5: Ubicación y distancias de los <i>splitter</i> secundarios.	121
Tabla 3.6: Capacidad asignada a cada usuario del servicio <i>TRIPLE PLAY</i>	124
Tabla 3.7: Comparación entre FTTC y FTTB	127
Tabla 3.8: Ubicación clientes FTTB.....	129
Tabla 3.9: Tipos de conectores de fibra óptica	138
Tabla 3.10: Valores por pérdidas de inserción	140
Tabla 3.11: Características técnicas de los equipos	144
Tabla 3.12: Soluciones GPON de la empresa Motorola	149
Tabla 3.13: Equipos ofertados por la empresa TELLABS	150
Tabla 3.14: Splitters, ONUs y módems <i>TRIPLE PLAY</i> disponibles en el mercado	151
Tabla 3.15: Comparación de las características técnicas de la OLT Motorola y la OLT Tellabs	153
Tabla 3.16: Comparación de los splitters ofertados en el mercado.....	154

Tabla 3.17: Comparación de las especificaciones técnicas de la ONU ofertada por dos proveedores	155
Tabla 3.18: Características técnicas más importantes del módem VDSL	156

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTOS

Tabla 4.1: Costo por equipos de red	159
Tabla 4.2: Costos por permisos y concesión	160
Tabla 4.3: Costos por constitución de la empresa	163
Tabla 4.4: Valores Mensuales por salarios.....	166
Tabla 4.5: Costos por inmuebles.....	167
Tabla 4.6: Inversión Inicial	167
Tabla 4.7: Costos mensuales por Servicios	168
Tabla 4.8: Costos totales para el primer mes de funcionamiento.....	169
Tabla 4.9: Tarifa mensual del servicio.....	172
Tabla 4.10: Detalle de los activos fijos de la empresa	175
Tabla 4.11: Cálculo de la depreciación de los activos fijos tangibles.....	177
Tabla 4.12: Cálculo de amortizaciones de los activos fijos intangibles.....	177
Tabla 4.13: Ingresos año 1	179
Tabla 4.14: Ingresos año 2	180
Tabla 4.15: Ingresos año 3	181
Tabla 4.16: Ingresos año 4	182
Tabla 4.17: Ingresos año 5	183
Tabla 4.18: Costos del plan de migración al tercer año	184
Tabla 4.19: Tabla de amortización	185
Tabla 4.20: Egresos año 1.....	186
Tabla 4.21: Egresos año 2.....	187
Tabla 4.22: Egresos año 3.....	188
Tabla 4.23: Egresos año 4.....	189

Tabla 4.24: Egresos año 5.....	190
Tabla 4.25: Flujo De caja	192

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I: FTTx (*FIBER TO THE x*)

Figura 1.1: Esquema de la estructura de una red HFC.	10
Figura 1.2: Red de Acceso de Fibra Óptica	13
Figura 1.3: Tecnologías FTTx	22
Figura 1.4: Arquitectura FTTx.....	22
Figura 1.5: Funcionamiento de FTTx.....	23
Figura 1.6: Arquitectura General de la Red Backbone.	38
Figura 1.7: Requerimiento de ancho de Banda para Servicios Triple Play.....	42

CAPÍTULO II: ANÁLISIS DEL MERCADO

Figura 2.1: Usuarios de Internet a Nivel Nacional.	46
Figura 2.2: Número de Cuentas y Usuarios de Internet en la Provincia de Imbabura	47
Figura 2.3 Número de Suscriptores de Televisión por Cable en Ecuador	49
Figura 2.4 Ubicación de los nodos de conmutación conectados mediante fibra óptica en la ciudad de Ibarra	54
Figura 2.5 Precios servicios de valor agregado internet TV Cable.....	61
Figura 2.6 Precio del servicio TRIPLE PACK GRUPO TVCABLE.....	61
Figura 2.7 Porcentaje de líneas telefónicas en el segmento residencial encuestado.	69
Figura 2.8: Porcentaje de hogares que cuentan con servicio de Internet residencial	70
Figura 2.9: Porcentaje de hogares que cuentan con el servicio de Televisión por Cable	70
Figura 2.10: Grado de satisfacción de los usuarios.....	71
Figura 2.11: Porcentaje de hogares que reciben soporte técnico.	71
Figura 2.12: Uso diario de los servicios de Internet y Televisión por Cable.	72
Figura 2.13: Porcentaje de hogares dispuestos a contratar un paquete de servicios <i>TRIPLE PLAY</i>	72

Figura 2.14: Posibles valores mensuales por el paquete de servicios segmento residencial	73
Figura 2.15: Servicios de Telecomunicaciones presentes en las empresas	74
Figura 2.16: Características de los servicios de telecomunicaciones, segmento comercial	74
Figura 2.17: Grado de satisfacción en cuanto a proveedores segmento comercial	75
Figura 2.18: Existencia de una red interna de computadoras	76
Figura 2.19: Existencia de un Sistema de Cableado Estructurado	76
Figura 2.20: Capacidad de expansión de las redes internas	77
Figura 2.21: Porcentajes de uso de los tipos de medios de transmisión	77
Figura 2.22: Interés hacia el paquete <i>TRIPLE PLAY</i>	78
Figura 2.23: Valores a pagar por el paquete	78
Figura 2.24: Servicios de Telecomunicaciones presentes en los centros educativos	79
Figura 2.25: Características de Telecomunicaciones presentes en los centros educativos	80
Figura 2.26: Porcentaje de centros educativos que cuentan con un sistema de Cableado Estructurado	81
Figura 2.27: Capacidad de expansión de la red en los centros educativos	81
Figura 2.28: Centros educativos interesados en el paquete	82
Figura 2.29: Posibles valores a pagar por el paquete	82
Figura 2.30: Proyección de la demanda del servicio de Telefonía Fija a 5 años	85
Figura 2.31: Proyección de la demanda del servicio de Televisión por Cable a 5 años	86
Figura 2.32: Proyección de la demanda del servicio de valor agregado Internet a 5 años	88
Figura 2.33: Proyección de la demanda del servicio de Televisión por Cable e Internet	89
Figura 2.34: Proyección de la demanda del servicio <i>TRIPLE PLAY</i>	90

CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

Figura 3.1: División del sector seleccionado para el diseño en 4 zonas	101
Figura 3.2: Posibles Ubicaciones de la OLT	100
Figura 3.3: Estructura de los cables OPGW (<i>Optical Power Ground Wire</i>)	106

Figura 3.4: Herramientas de suspensión	110
Figura 3.5: Herramientas de retención	110
Figura 3.6: Ubicación de los armarios principales.....	119
Figura 3.7: Esquema de diseño	120
Figura 3.8: Esquema de diseño para cada sector.....	122
Figura 3.9: División de la zona en 16 sectores	123
Figura 3.10: Esquema de usuarios FTTC.....	128
Figura 3.11: Esquema de usuarios FTTB	128
Figura 3.12: Ubicación de Equipos.....	132

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTOS

Figura 4.1: Esquema de estructura de la empresa	161
--	-----

RESUMEN

El proyecto “Estudio de Factibilidad para el Diseño de la Red de Acceso para Servicios *Triple Play* en el Sector Central de la Ciudad de Ibarra, mediante la Combinación de las Tecnologías *Fttx (Fiber To The X)*” se presenta en cinco capítulos en los cuales se detallan los aspectos técnicos y comerciales básicos para la implementación de una red de acceso.

En el capítulo 1 se hace una introducción a los tipos de redes de acceso alámbricas. Se describe las redes pasivas que emplean fibra óptica y que en la actualidad dominan el mercado. Dentro de las Redes Ópticas Pasivas (*PON*) se particulariza el análisis de las tecnologías *Fiber To The x (FTTx)*. Adicionalmente se menciona los requerimientos y ventajas de los servicios *Triple Play*.

El capítulo 2 inicia con algunas de las estadísticas presentadas por los organismos de regulación del sector de las Telecomunicaciones en el Ecuador, visualizando el crecimiento de la demanda de servicios de banda ancha en el país y en la ciudad elegida para el diseño. Se menciona las características básicas de los principales proveedores de servicios de telecomunicaciones de la ciudad de Ibarra. De acuerdo a las encuestas realizadas a una muestra estratificada de la población se establece la demanda de los potenciales clientes del servicio *Triple Play*. Finalmente, se proyecta la demanda a cinco años, tomando en cuenta el porcentaje de crecimiento del servicio y la demanda para la provincia de Imbabura con los datos históricos del servicio de valor agregado Internet, obtenidos de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

En el capítulo 3 se planifica y dimensiona la red de acceso estableciendo la ubicación de: la oficina central donde se encuentra la OLT, los *splitters* primario y secundario, los armarios donde se colocan las ONUs y las rutas del tendido de fibra con los cálculos de pérdidas respectivos a la ruta más larga y corta. Se presenta una técnica de redundancia y un plan de migración que deberá ser aplicado al tercer año de funcionamiento. Adicionalmente se muestra las características requeridas por los equipos.

El capítulo 4 ofrece un presupuesto inicial para la constitución de una empresa que ofrezca servicios *Triple Play* detallando los costos de la implementación, operación y mantenimiento de la red. Se muestran tablas con el resumen de los ingresos y egresos anuales que permiten realizar el flujo de caja para el cálculo del VAN y TIR, indicadores económicos que determinan la factibilidad del proyecto.

En el capítulo 5 se indican aspectos importantes que se establecieron a lo largo del desarrollo de este proyecto de titulación y se sugieren aspectos que deben ser tomados en cuenta para la elaboración de proyectos similares.

PRESENTACIÓN

A nivel mundial se ha observado un gran crecimiento en la demanda de servicios que requieren una amplia capacidad de ancho de banda, haciendo necesario que las redes converjan para poder ofrecer a sus abonados todos los servicios posibles a través de una sola central de gran capacidad. Adicionalmente, se busca llegar al usuario final con altas velocidades, las cuales no se logran con el par de cobre. Una solución para esta limitación es el reemplazo de este medio de transmisión por otro que permita una alta capacidad como es la fibra óptica. Con la finalidad de acercar la fibra cada vez más al usuario final, se establece una familia de tecnologías denominadas *Fiber To The X (FTTx)*, donde x denota el punto hasta donde llega la fibra, puede ser: *Home* (al hogar), *Building* (al edificio), *Curb* (a la manzana), etc. En aquellos casos donde la fibra no llega al escritorio se emplea otro medio de transmisión (por ejemplo el par de cobre) que con la tecnología adecuada garantice los niveles de velocidad óptimos para los clientes.

Triple Play es un paquete que ofrece Telefonía Fija, Internet y Televisión por Cable a través de una única conexión, proporcionando ventajas tanto para el usuario final como para el proveedor de servicios. Se plantea un estudio para implementar una red de acceso con capacidad de ofrecer el paquete *Triple Play* en la ciudad de Ibarra. Con la finalidad de satisfacer los requerimientos de los diferentes usuarios, se eligió el sector central de la ciudad donde se encuentra la mayor concentración de clientes: residenciales, comerciales y educativos, logrando un patrón de diseño que posteriormente puede ser aplicado en toda la ciudad.

Actualmente los organismos de control y regulación del sector de las telecomunicaciones en el Ecuador no cuentan con datos sobre el número de abonados de los servicios de telecomunicaciones detallados por ciudades, por lo que se realizó un estudio mediante encuestas para determinar la penetración y satisfacción de los servicios por separado, logrando establecer un porcentaje de clientes que estarían dispuestos a cambiar sus actuales proveedores por un solo proveedor que ofrezca todos estos servicios mediante una conexión.

Para facilidad del análisis de los requerimientos de los usuarios se divide a la sección central en 16 sectores, los que posteriormente se agrupan en 4 zonas para la administración y mantenimiento. Una vez realizado el estudio se determina que las tecnologías más adecuadas que garantizan la capacidad de acuerdo a las exigencias de los clientes son: *Fiber To The Curb (FTTc)*, para los usuarios residenciales y *Fiber To The Building (FTTb)* para los comerciales y educativos. Para el tramo final de la conexión que no será mayor de 300m se emplea par de cobre y la tecnología *Very High Digital Subscriber Line (VDSL)* que ofrece velocidades de hasta 52 Mbps. De acuerdo con estos parámetros se establecen las características y cantidad de equipos necesarios para la implementación de la red de acceso.

Se plantea un análisis de costos para la conformación de una empresa que ofrezca el servicio *Triple Play*, detallando los costos de implementación, operación y mantenimiento de red para un período de cinco años, dentro del cual se espera la recuperación de la inversión. Mediante el flujo de caja y el cálculo de los parámetros financieros VAN y TIR se concluye la factibilidad del proyecto.

CAPÍTULO 1

FTTx (*FIBER TO THE x*)

1.1 INTRODUCCIÓN [24]

En la sociedad actual, la forma de comunicarse se ha innovado gracias al Internet y es así que se habla de la “Sociedad de la Información” donde la mayoría de usuarios pueden acceder a cualquier tipo de información disponible en la red. Pero en contraste con esta gran alternativa, se debe mencionar el mínimo avance en cuanto a la capacidad de la infraestructura para proporcionar los denominados servicios de “Banda Ancha” (voz, datos y video), concepto que fue tomado como una verdadera revolución tecnológica en el acceso del abonado para referirse a tecnologías que permiten velocidades de acceso de usuario del orden de los Mbps.

La red de acceso más difundida es aquella que se basa en el uso del par de cobre. Inicialmente concebida para ofrecer el servicio de voz analógica, ha ido evolucionando para ofrecer más servicios a los usuarios, con ello, surge la necesidad de dispositivos que procesan información digital. La digitalización hace que el manejo y transmisión de diferentes señales sea uniforme y permite que una determinada red sirva para ofrecer varios servicios con los inconvenientes de una baja velocidad y el no poder hacer o recibir llamadas mientras se están utilizando otros servicios.

Debido a las actuales limitaciones tecnológicas del bucle del abonado, se debe analizar las posibles soluciones; para ello y, teniendo en cuenta las características del medio de transmisión, las soluciones por fibra óptica toman

un protagonismo creciente por su enorme ancho de banda y las posibilidades de extender dichas redes de acceso más allá de los estándares actuales.

1.2 LAS REDES DE ACCESO [24] [25]

1.2.1 CONCEPTO

El trayecto final de las redes de telecomunicación, el tramo que une el domicilio de cada usuario con el resto de la red, se denomina red de acceso. Dentro de la red de acceso, se pueden englobar todos los elementos encargados de llevar los contenidos multimedia hasta el usuario y atender las peticiones de éste por el canal de retorno.

No es fácil establecer de manera unívoca el punto que determina exactamente dónde comienza la red de acceso, razón por la que se puede hacer una distinción desde dos puntos de vista:

GEOGRÁFICO: Determina como red de acceso a la infraestructura de comunicaciones que existe entre la central de conmutación y el domicilio del cliente.

TÉCNICO: Especifica a toda la infraestructura de comunicaciones existente entre el punto de conexión del terminal de usuario en el domicilio del cliente y el primer equipo que procesa la información en el nivel de red, es decir, en el nivel 3 del modelo de interconexión de sistemas abiertos (*OSI – Open System Interconnection*)¹.

¹ **Modelo OSI:** Es un modelo o referente creado por la ISO para la interconexión en un contexto de sistemas abiertos. Se trata de un modelo de comunicaciones estándar entre los diferentes terminales y host. Las comunicaciones siguen unas pautas de siete niveles preestablecidos que son Físico, Enlace, Red, Transporte, Sesión, Presentación y Aplicación.

En el presente proyecto se pormenorizará a la red de acceso desde el punto de vista técnico, es decir se tomará en consideración toda la infraestructura localizada entre el terminal ubicado en el domicilio del cliente y el equipo que procesará la información y responderá las peticiones del usuario, localizada generalmente en el edificio del proveedor de servicios.

1.2.2 TECNOLOGÍAS DE ACCESO ALAMBRICAS [1]

De la misma manera como la demanda de nuevos servicios sobre todo aquellos que requieren de un gran ancho de banda como lo son el video, datos y servicios multimedia, se ha tratado de que la red de acceso se adapte a dichas demandas, mejorando tanto su capacidad de transmisión como la rentabilidad que proporcionaban, en principio optimizando en lo posible la infraestructura existente.

A continuación se describen algunas de estas tecnologías, sus características y evolución considerando sobre todo las de mayor penetración y permanencia en el mercado.

1.2.2.1 Tecnologías xDSL (*x Digital Subscriber Line*) [2] [27]

Aquellas tecnologías que utilizan técnicas de modulación y códigos de línea adecuados para permitir que sobre el par trenzado telefónico se transmita datos a altas velocidades, se agrupan bajo las siglas xDSL (*x Digital Subscriber Line*).

Uno de los aspectos más interesantes de las tecnologías xDSL, y tal vez por la cual recibieron gran aceptación y permanencia en el mercado, reside en que gran parte de la infraestructura requerida, en este caso el medio físico de transmisión, es decir, los pares telefónicos se encuentran ya instalados. Este

antecedente ubica a las compañías telefónicas como las privilegiadas al momento de ofrecer nuevos servicios de banda ancha puesto que ya cuentan con kilómetros de cable tendido. Por último se debe señalar que la familia de estas tecnologías pertenece a la categoría de redes de acceso que adoptan una arquitectura punto a punto lo cual de cierta manera reporta beneficios para el abonado, ya que dispone de manera exclusiva la capacidad total de la transmisión. A continuación se describen los principales tipos de tecnologías xDSL:

- a) DSL (*Digital Subscriber Line*). Acceso Básico RDSI (Red Digital de Servicios Integrados):** Constituye la primera de las tecnologías de esta familia que establece el nivel físico del acceso básico de la RDSI; utiliza el par trenzado telefónico con una modulación multinivel 2B1Q², alcanzando una tasa de transmisión de 160 Kbps. Su mayor inconveniente es que la transmisión en el par se produce de manera simultánea lo produce auto – NEXT³ lo cual limita el alcance a 3.5 Km.
- b) HDSL (*High – bit rate DSL*):** Aparece como una actualización de la tecnología anterior con el objetivo de ofrecer servicios punto a punto con velocidades equivalente a T1s y E1s, es decir alcanzando tasas de transmisión de 1.54 y 2.048 Mbps respectivamente, el tipo de modulación que utiliza es 2B1Q. Se diferencia de la tecnología DSL porque esta usa dos o tres pares, con el fin de repartir el régimen binario. La transmisión se produce en los dos sentidos de forma simultánea lo que puede producir problemas de eco. Emplea las principales técnicas de procesamiento de señal utilizadas en DSL logrando

² **2B1Q** (*2 Binary 1 Quaternary*): Es un tipo de codificación de línea en la cual pares de bits son codificados de 1 a 4 niveles para la transmisión, se caracteriza por disminuir el ancho de banda que se requiere.

³ **NEXT** (*Near End Cross Talk*): Es la medida del ruido o interferencia que se induce eléctricamente a partir de un par en el cable sobre otro par, o de los dos pares. Si el ruido llega a ser excesivo conducirá a pérdidas o incluso a interrumpir la comunicación.

un alcance de 3.5 Km. Transmisión simétrica, es decir que se asigna velocidades idénticas tanto al canal ascendente (de usuario a la red) como al canal descendente (de red al usuario).

- c) SDSL (*Symmetrical Digital Subscriber Line*):** Consiste en la utilización de la tecnología básica HDSL sobre un único par de cobre, por lo que reduce el régimen binario a 800 Kbps, sin embargo esta velocidad puede variar de acuerdo a la longitud del enlace. Transmisión simétrica.
- d) SHDSL (*Single pair*):** SHDSL se ha diseñado para mejorar el desempeño del alcance y accionar la compatibilidad espectral con otras tecnologías de DSL. Las tasas de datos son idénticas en ambos sentidos (la tecnología es simétrica) y varía de: 192 Kbps a 2.3 Mbps (sobre un par trenzado), a 384 Kbps a 4.6 Mbps (sobre dos pares trenzados). El código de línea utilizado es TC-PAM (*Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation*)⁴. Además la señal se conforma en frecuencia para mejorar la compatibilidad espectral respecto a otros sistemas.
- e) ADSL (*Asymmetrical Digital Subscriber Line*):** Es una de las tecnologías de la familia xDSL de mayor penetración en el mercado, usa un único par trenzado con el cual ofrece un régimen asimétrico de velocidades, es decir, ofrece una mayor tasa binaria en el enlace descendente (enlace desde la red al usuario - *downstream*) lo cual presenta beneficios en la transmisión, se utilizan códigos de línea como: CAP⁵ (*Carrierless Amplitude and Phase modulation*).

⁴ **TC-PAM (*Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation*):** Formato de modulación que se utiliza en HDSL2 y SHDSL, también conocida como 4B1H (4 binario ,1 hexadecimal) ya que utiliza 16 niveles que representan a 4 dígitos binarios.

⁵ **CAP (*Carrierless Amplitude and Phase modulation*):** Técnica de transmisión pasa bajo similar a QAM ya que tiene dos portadoras ortogonales moduladas y combinadas. La principal originalidad de esta técnica es que la densidad espectral de potencia de la señal resultante en la línea presenta una forma aproximadamente rectangular lo cual permite acotar la frecuencia máxima empleada.

Posteriormente se presentan 2 versiones mejoradas de ADSL, conocidas como ADSL2 y ADSL2+ que son tecnologías preparadas para ofrecer tasas de transferencia sensiblemente mayores que las proporcionadas por el ADSL convencional, haciendo uso de la misma infraestructura telefónica basada en cables de cobre. Así, con ADSL2 se consigue 12 Mbps (canal descendente) y 2 Mbps (canal ascendente) y con ADSL2+ 24 Mbps (canal descendente) y 2 Mbps (canal ascendente).

Además de la mejora del ancho de banda, este estándar contempla una serie de implementaciones que mejoran la supervisión de la conexión y la calidad de servicio (QoS) de los servicios demandados a través de la línea.

- f) **VDSL (*Very high speed Digital Subscriber Line*):** VDSL presenta una tasa máxima de transmisión entre los 51 y 55 Mbps en sentido descendente sobre un único par de cobre con una longitud de 300m, esto se da gracias al uso de un rango de frecuencias que abarca cerca de los 30 MHz, los módems que se usan pueden trabajar de modo simétrico y asimétrico de acuerdo a los beneficios que cada uno de estos presenta, así, en enlaces con clientes residenciales se considera que el más eficiente es el asimétrico.

Una de las aplicaciones más importantes de VDSL es en redes de acceso por fibra óptica en la cual la fibra llega hasta cierta proximidad al usuario y desde este punto se hace la conexión final, dentro de estas topologías se incluyen las llamadas FTTx, donde se llega con fibra a localidades cercanas al usuario final, sobre todo en las conocidas como FTTCab (hasta el gabinete), FTTB (hasta el edificio) y FTTC (hasta la acera), en las que el tramo final es el par trenzado de cobre.

La Tabla 1.1 muestra algunas velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea, para los modos de funcionamiento simétrico y asimétrico.

Distancia (m)	Velocidad sentido descendente (Mbps)	Velocidad sentido ascendente (Mbps)	Modo de funcionamiento
300	51.84	6.48	ASIMÉTRICO
300	25.92	25.92	SIMÉTRICO
1000	25.92	3.24	ASIMÉTRICO
1000	12.96	12.96	SIMÉTRICO
1350	12.96	3.24	ASIMÉTRICO

Tabla 1.1: Velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea. [2]

VDSL ofrece a los usuarios residenciales video de una calidad superior al transmitido por difusión, junto con tráfico de Internet y las habituales llamadas telefónicas de voz. En el entorno empresarial, VDSL satisface la demanda, siempre creciente, de acceso a datos más rápido, video conferencia de gran calidad y entre varias localidades.

Debido a las limitaciones de distancia, VDSL es suministrada a menudo desde un gabinete situado en la calle equipado con una fibra óptica conectada a la red de *backbone*. Alternativamente, VDSL puede ofrecerse desde una central telefónica para dar servicios a los abonados situados en la proximidad inmediata de la central, llamada topología FTTE_x (fibra-hasta-la-central). Incluso, otra topología posible es utilizar VDSL para la transmisión de datos y multi-video en bloques de apartamentos con una ONT (Terminación de Red Óptica) en el sótano, dando servicio a los apartamentos individuales sobre los cables telefónicos existentes.

La tecnología VDSL ofrece una amplia variedad de servicios simultáneos, abriendo una oportunidad a los proveedores que actualmente ofrecen servicios telefonía y datos de brindar nuevos servicios multimedia y aumentar la cantidad de suscriptores, logrando expandir sus negocios al ofrecer servicios completos y un host de aplicaciones de video, en la tabla 1.2 se indica algunos de los servicios que podrá ofrecer VDSL con los respectivos requerimientos en cuanto a tasas de transmisión:

Aplicación	Sentido descendente	Sentido ascendente
Acceso a Internet	400 Kbps-1.5 Mbps	128 Kbps-640 Kbps
Web Hosting	400 Kbps-1.5 Mbps	400 Kbps-1.5 Mbps
Video conferencia	384 Kbps-1.5 Mbps	384 Kbps-1.5 Mbps
Video bajo demanda	6 Mbps-18 Mbps	64 Kbps-128 Kbps
Video interactivo	1.5 Mbps-6 Mbps	128 Kbps-1.5 Mbps
Telemedicina	6 Mbps	384 Kbps-1.5 Mbps
Aprendizaje a distancia	384 Kbps-1.5 Mbps	384 Kbps-1.5 Mbps
TV digital múltiple	6 Mbps-24 Mbps	64 Kbps-640 Kbps
VoD múltiple	64 Kbps-640 Kbps	No
TV de alta definición	16 Mbps	64 Kbps

Tabla 1.2.: Aplicaciones VDSL [2]

g) VDSL2 (Very High Bit Rate Digital Subscriber Line 2): Línea de Abonado Digital de muy alta tasa de transferencia, es una tecnología que aprovecha la actual infraestructura telefónica de pares de cobre. Esta tecnología sustituirá al ADSL y ADSL2+ permitiendo mayores velocidades y la emisión de contenidos en alta definición.

VDSL2 permite una velocidad de hasta 100 Mbps, tanto en sentido ascendente como descendente, es decir, 10 veces superior a la velocidad de la ADSL clásica. Proporciona velocidades de hasta 50 Mbps a los usuarios que estén ubicados a una distancia de 200-300 metros de la central y velocidades de hasta 25 Mbps a los usuarios que estén ubicados a una distancia de 800-900 metros de la central.

De acuerdo con la recomendación técnica de la UIT-T, VDSL2 permitirá sumar sobre la red de cobre donde hoy se presta telefonía e Internet de banda ancha, televisión de alta definición, video a la carta, videoconferencia, acceso a Internet de alta velocidad y voz IP entre otros servicios.

En definitiva, esta tecnología simula la extensión de la fibra óptica en instalaciones no conectadas directamente al segmento de fibra óptica real de la empresa.

1.2.2.2 Tecnología HFC (*Híbrida Fiber Coaxial*) [26]

Una red HFC es una red híbrida de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y coaxial como soportes de la transmisión de señales, esta red ofrece todo tipo de servicios por un único acceso y de manera integrada, reemplazando parte de la red coaxial con fibra óptica, tiene mayor capacidad de servicio, mayor alcance y es bidireccional, a diferencia de las redes basadas solo en cable coaxial, las cuales son muy limitadas en los servicios que pueden ofrecer.

Las redes HFC son capaces de ofrecer y soportar varios servicios por un único acceso y de forma integrada esto es, TV, telefonía, Internet y otros servicios.

Una red HFC está compuesta básicamente por una cabecera de red, la red troncal, la red de distribución, y el último tramo de acometida al hogar del abonado. La figura 1.1 muestra el esquema de una red HFC:

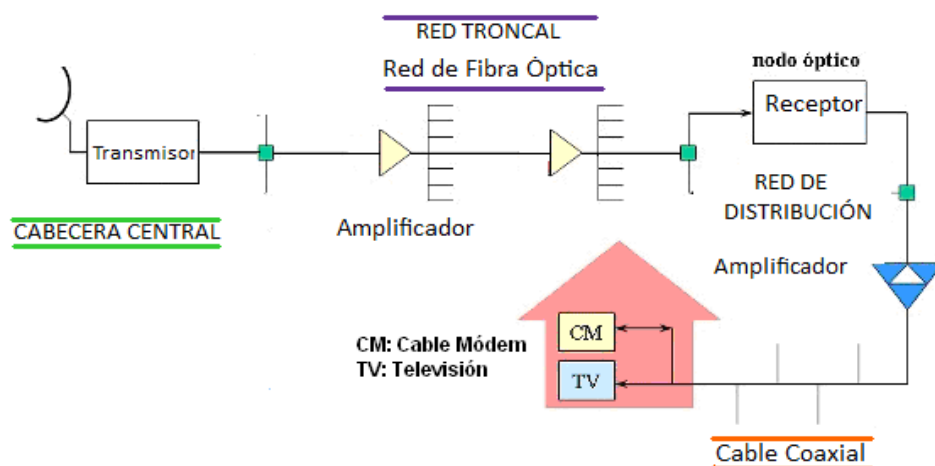


Figura 1.1: Esquema de la estructura de una red HFC [26]

Cabecera: Es el elemento principal desde donde se gestiona todo el sistema: se establecen todas las interconexiones con otras redes de transporte fijas o móviles, así como los servidores de acceso a los diferentes servicios y al servicio telefónico, forma parte de una red transporte interurbano.

Red Troncal: Es la encargada de repartir la señal compuesta⁶, generada por la cabecera a todas las zonas de distribución que abarca la red de cable, está conformada por la red primaria óptica que une la cabecera y los nodos primarios, suele seguir topologías en anillo o en estrella mediante enlaces

⁶ **Señal Compuesta:** Conjunto de varias señales que viajan simultáneamente a diferente longitud de onda.

redundantes; la red troncal secundaria óptica une los nodos primarios y los nodos finales, con nivel de cobertura menor que la red troncal primaria.

Red de Distribución: Está compuesta por una estructura tipo bus de coaxial que lleva las señales descendentes hasta la última derivación antes del hogar del abonado. La red de distribución contiene amplificadores de banda ancha y abarca grupos de unas 500 viviendas. La fibra óptica de la red troncal llega a un nodo óptico y de éste parte el coaxial hacia el grupo de edificios a los que alimenta (para servicios de datos y telefonía suelen utilizarse cables de pares trenzados para llegar directamente hasta el abonado, desde el nodo óptico). La red de distribución cuenta además con una serie de dispositivos como son los divisores (splitters⁷), amplificadores y derivadores.

Acometida: Llega a los hogares de los abonados es, sencillamente, la instalación interna del edificio, el último tramo antes de la base de conexión.

1.2.2.3 Redes de Fibra Óptica [33]

Para suplir las limitaciones que presenta el par trenzado de cobre y poder prestar de forma masiva servicios que requieren de un gran ancho de banda se decidió introducir la fibra óptica en el nodo de acceso lo que permite disponer de un medio de transmisión con gran capacidad de ancho de banda, dando el soporte para ofrecer servicios *Triple Play*⁸ logrando proporcionar los niveles de calidad adecuados para cada aplicación, además la fibra óptica ofrece varias ventajas como la conexión de puntos distantes sin necesidad de

⁷ **Splitter:** Dispositivo que divide la señal en varias señales (por ejemplo voz y datos) cada una de ellas a una frecuencia distinta permitiendo el uso simultáneo de ambos servicios.

⁸ **Triple Play:** Se define como el empaquetamiento de servicios y contenidos audiovisuales (voz, banda ancha y televisión). Es la comercialización de los servicios telefónicos de voz junto al acceso de banda ancha, añadiendo además los servicios audiovisuales (canales de TV y pago por visión).

equipos intermedios y presenta inmunidad a las interferencias electromagnéticas⁹ haciéndola apta para ser usada en ambientes industriales.

Adicionalmente, desde el punto de vista de costos, las redes ópticas de acceso se destacan por tres aspectos principales.

- Primero, permiten establecer una plataforma común para servicios de naturalezas diversas, servicios que hasta hoy en día han sido provistos usando redes separadas, lo que desde el punto de vista económico no es una buena estrategia.
- Segundo, las áreas de acceso pueden ser mayores y con un número más pequeño de nodos de conmutación.
- Finalmente, los costos de operación se verán reducidos ya que desde una central de operación se podrá responder a solicitudes, realizar el mantenimiento u operación de enlaces lejanos todo mediante el uso de comandos.

1.2.2.3.1 Estructura de una Red de Acceso de Fibra Óptica

En la figura 1.2 se muestra una referencia de lo que se entiende por una red de acceso de fibra óptica: un conjunto de equipos e instalaciones que conectan elementos de la red de transporte con los terminales de los usuarios.

⁹ **Interferencia electromagnética:** Es la perturbación que ocurre en cualquier circuito, componente o sistema electrónico causada por una fuente externa al mismo. Conocida también como EMI (*Electromagnetic Interference*)

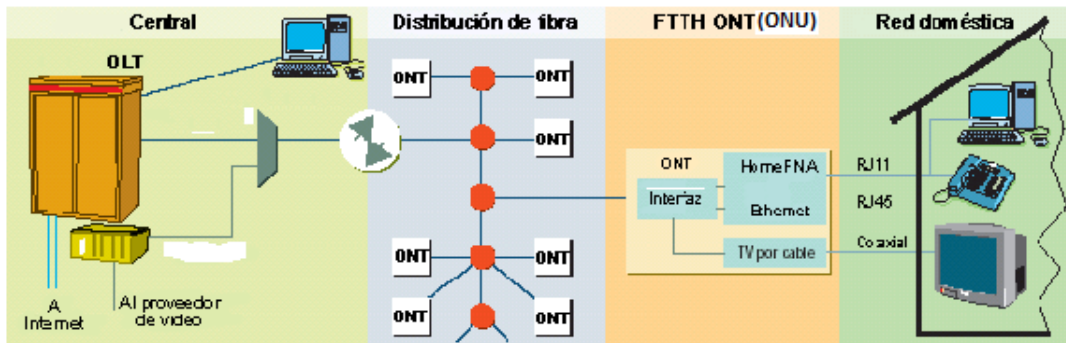


Figura 1.2: Red de Acceso de Fibra Óptica [11]

Avanzando desde la red al usuario, se pueden distinguir las siguientes partes:

- Terminador de Línea Óptica (*OLT, Optical Line Terminal*).
- Red de distribución de Fibra Óptica (*ODN, Optical Distribution Network*).
- Terminador de Red Óptica (*ONT, Optical Network Terminator*).
- Acometida.
- Unidad de Red Óptica (*ONU, Optical Network Unit*).

Terminador de Línea Óptica (*OLT, Optical Line Terminal*): Es un equipo de transmisión que adapta la interfaz de los conmutadores o servidores al medio portador de la red de acceso, generalmente está instalado junto a estos dispositivos en el mismo edificio.

Para el tráfico descendente¹⁰, se encarga de recibir el tráfico proveniente de la red de transporte, realizar tareas de conmutación precisas y encaminar éste hacia los divisores ópticos estableciéndose dos posibles velocidades para el tráfico descendente: 155 Mbps y 622 Mbps. Para el tráfico ascendente arbitra el acceso al medio de las diferentes ONUs mediante el empleo del

¹⁰ **Tráfico descendente:** Desde la OLT hasta la ONU.

correspondiente protocolo MAC¹¹, que es de tipo TDMA, la velocidad del tráfico ascendente¹² es de 155 Mbps.

Red de distribución de Fibra Óptica (ODN, *Optical Distribution Network*):

Constituye la planta exterior propiamente dicha, un conjunto de cables que salen del edificio de la central y se van ramificando hasta llegar a los equipos terminales que algunas veces pero no siempre, constituyen el final de la red de fibra. Es decir, la ODN provee el medio de transmisión óptico para la conexión física desde el OLT hacia el usuario y viceversa. Está compuesta por fibra óptica monomodo (recomendación G.952 de la ITU) y divisores de potencia pasivos.

La transmisión en la ODN es bidireccional pudiéndose emplear la misma fibra para el tráfico ascendente y descendente o una fibra por separado para cada uno de ellos. En el primer caso deben emplearse banda de longitudes de onda diferentes, utilizándose la banda de 1530- 1570 nm para el tráfico descendente y la banda de 1280-1340nm para el ascendente.

Terminador de Red Óptica (ONT, *Optical Network Terminator*): Son centros donde la señal óptica es dividida para llegar a áreas más distantes disminuyendo el número de fibras para atender a los accesos específicos de cada área. Se los puede reconocer porque se montan como especie de armarios donde se hace la división, distribución y gestión de la señal óptica. Estos armarios pueden ser reemplazados por cajas de empalme asociados a divisores.

¹¹ **Protocolo MAC (*Medium Access Control*):** Es un conjunto de algoritmos y métodos de comprobación encargados de regular el uso del medio físico por los distintos dispositivos que lo comparten. Por tanto, deben garantizar que el medio esté libre si alguno de los dispositivos ha de transmitir alguna información, e igualmente deben evitar las colisiones debidas a la transmisión simultánea, permitiendo al mismo tiempo el uso eficaz de la capacidad de transmisión disponible.

¹² **Tráfico ascendente:** Desde la ONU hasta la OLT.

Los divisores de potencia pasivos o *splitters* están basados en acopladores en estrella 1XN, donde N constituye el número de divisores pasivos. Cabe mencionar que a lo largo de la red de distribución óptica (ODN), la máxima longitud entre extremos permitida es de 20 Km.

Sirve de interfaz entre la red de acceso y la red interna de comunicación dentro del domicilio del abonado, esta unidad está comprendida por: una unidad de terminación de red óptica (*OTN Optical Network Termination*), que es el punto donde se realiza la conversión de las señales ya sea de formato óptico a eléctrico o viceversa, además se compone de otros elementos como multiplexores¹³, demultiplexores¹⁴, *splitters* etc.

La principal función de la ONU es recibir tráfico en un formato óptico y convertirlo al formato que el cliente desee. En general se encuentra fuera de la residencia y trabaja en cooperación con un equipo interno (*Residential Gateway* o RG) para realizar funciones diversas, entre las que hay que destacar la multiplexación ATM del tráfico proveniente de los diversos equipos ubicados en el domicilio del abonado y que tiene como destino la red de transporte, otra función de la ONU es la cooperación con la OLT en la implementación y verificación del protocolo MAC.

Acometida: Es el tramo adicional entre los terminales de red y los de usuario, generalmente constituida por pares de cobre, coaxiales, en algunos casos puede ser fibra o incluso una interfaz de radio. Dependiendo del medio de

¹³ **Multiplexor:** Dispositivo que puede recibir varias entradas y transmitir las por un medio de transmisión compartido. Para ello divide el medio de transmisión en múltiples canales, para que varios nodos puedan comunicarse al mismo tiempo.

¹⁴ **Demultiplexores:** Dispositivo que puede recibir a través de un medio de transmisión compartido una señal compleja multiplexada y separar las distintas señales integrantes de la misma encaminándolas a las salidas correspondientes.

transmisión empleado se debe incluir un equipo terminal de usuario, en el caso de cobre se empleará un módem.

1.2.2.3.2 Tipos de Redes Ópticas de Acceso [24] [28]

Se puede encontrar redes de acceso pasivas o activas, dependiendo de los componentes que constituyen la red de fibra óptica. A continuación se describen las redes ópticas pasivas que son aquellas que presentan en su infraestructura únicamente componentes ópticos pasivos.

- a) REDES xPON (x *PASSIVE OPTICAL NETWORK*):** Las redes ópticas pasivas presentan una arquitectura similar a las redes de cable en las que existen varios nodos ópticos, unidos con la cabecera a través de fibra óptica, básicamente la fibra óptica se ramifica sucesivamente mediante acopladores o divisores ópticos pasivos, desde la OLT hasta llegar a cada ONU, tratándose de una topología física de difusión en la cual todas las ONUs reciben la señal completa. Las redes ópticas pasivas sustituyen el tramo de coaxial por fibra óptica monomodo y los divisores eléctricos por divisores ópticos. De esta manera, se eliminan todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente; de ahí proviene el adjetivo “pasivas” dado a las redes de infraestructura de fibra óptica. Las redes ópticas pasivas proporcionan una transmisión muy segura y libre de errores, con una alta capacidad de transferencia si se emplea, por ejemplo, ATM. Existen algunas variantes de las redes PON como: APON, BPON, GPON y EPON, las cuales se describen a continuación:

- **APON (ATM (Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network):** Fue la primera red que definió la FSAN¹⁵, la red APON típica es la que utiliza accesos VDSL, donde la ONU está a pocos metros del cliente.

APON basa su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM (Modo de transferencia asíncrona) con una tasa máxima de 155 Mbps que se reparte entre el número de ONUs que estén conectadas en canal ascendente. Su inconveniente inicial era la limitación de los 155 Mbps que más adelante se aumentó hasta los 622 Mbps.

- **BPON (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha):** Se basan en las redes APON, se refiere a una red para el soporte de servicios que requieran una anchura de banda superior a la correspondiente a la velocidad binaria básica de la RDSI, que incluiría servicios de vídeo y de distribución, pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha, en los que se incluye: Ethernet, distribución de video, VPL (líneas privadas virtuales, *virtual private line*), etc.

Originalmente estaba definida con una tasa de 155 Mbps fijos tanto en canal ascendente como descendente; pero, más adelante, se modificó para admitir:

- Tráfico asimétrico: Canal descendente 622 Mbps.
Canal ascendente 155 Mbps.
- Tráfico simétrico: Canal descendente y ascendente 622 Mbps.

¹⁵ **FSAN:** Grupo formado por 7 operadores de telecomunicaciones con el objetivo de unificar las especificaciones para el acceso de banda ancha a las viviendas.

- **GPON (Gigabit PON):** Está basada en BPON en cuanto a arquitectura pero, además permite el soporte global multiservicio: voz, Ethernet 10/100, ATM con una cobertura de 20 km. Sus canales soportan velocidades de:
 - Simétrico: 622 Mbps y 1.25 Gbps.
 - Asimétrico: Canal descendente 2.3 Gbps.
Canal ascendente 1.25 Mbps.

La red de GPON consta de una **OLT (Optical Line Terminal)**, ubicada en las dependencias del operador, y las **ONT (Optical Networking Terminal)** en las dependencias de los abonados para FTTH (*Fiber To The Home*). La OLT consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soportando hasta 64 ONTs. Para conectar la OLT y la ONT se emplea un cable de fibra óptica para transportar una longitud de onda determinada de acuerdo con la aplicación y dependiendo también del sentido del envío de datos sea este ascendente o descendente. Mediante un divisor pasivo que divide la señal de luz que tiene a su entrada en varias salidas. Puede haber una serie de divisores pasivos $1 \times n$ (donde $n = 2, 4, 8, 16, 32, \text{ o } 64$) en distintos emplazamientos hasta alcanzar los clientes. Esto es una arquitectura punto a multipunto, algunas veces descrita como una topología en árbol.

Una de las características clave de PON es la capacidad de sobre suscripción; esto permite a los operadores ofrecer más tráfico cuando la red esté con capacidad ociosa, es decir, cuando ciertos abonados en el misma red no estén empleando todo su ancho de banda contratado.

- **EPON (Ethernet PON):** Especificación realizada por el grupo de trabajo EFM (*Ethernet in the First Mile*, Ethernet en la primera milla) constituido por la IEEE para aprovechar las características de la tecnología de fibra óptica y aplicarlas a Ethernet.

La arquitectura de una red EPON se basa en el transporte de tráfico Ethernet manteniendo las características de la especificación 802.3. Las ventajas que presenta respecto a los anteriores estándares son:

- Trabaja directamente a velocidades de Gbps (que se tiene que dividir entre el número de usuarios).
- La interconexión de islas EPON es más simple.
- Reducción de costos.

En la tabla 1.3 se presenta de manera resumida las características de cada una de las tecnologías xPON permitiendo compararlas, se destaca el hecho de que BPON es un estándar basado en APON que aportó nuevas mejoras como el multiplexaje por longitud de onda o WDM¹⁶, incrementando de esta manera el ancho de banda, razón por la que APON no consta en esta tabla.

¹⁶ **WDM (Wavelength Division Multiplexing):** Multiplexación por división de longitud de onda, es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED.

Características	BPON	GPON	EPON
Tasa de bits (Mbps)	<i>down</i> : 1.244, 622, 155 <i>up</i> : 622, 155	<i>down</i> : 2.488, 1.244 <i>up</i> : 2.488, 1.244, 622, 155	<i>down</i> : 1.250 <i>up</i> : 1.250
Codificación de línea	NRZ (+ <i>scrambling</i>)	NRZ (+ <i>scrambling</i> ¹⁷)	8B/10B ¹⁸
Razón de división máxima	1:32	1:128 (1:64 en la práctica)	1:32
Alcance máximo	20 km	60 km (con 20 km de distancia entre ONTs)	20 km
Estándares	G.983.x de la UIT-T	G.984.x de la UIT-T	IEEE 802.3ah
Tipo de Fibra	G.652 de la UIT.T (un hilo de fibra)	G.652 de la UIT.T (uno ó dos hilos de fibra)	1000BASE-PX10 1000BASE-PX20
Soporte TDM	TDM sobre ATM	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes	TDM sobre paquetes
Soporte vídeo	RF ¹⁹	RF/ IP	RF/ IP
Eficiencia típica (depende del servicio)	83% <i>downstream</i> 80% <i>upstream</i>	93% <i>downstream</i> 94% <i>upstream</i>	61% <i>upstream</i> 73% <i>downstream</i>

Tabla 1.3: Características tecnologías xPON [40]

b) FTTx (*Fiber To The x*).

Dentro de las tecnologías FTTx se agrupan una serie de técnicas de acceso basadas en el empleo de la fibra óptica hasta la proximidad del usuario. Los integrantes de esta familia se basan fundamentalmente en el grado de proximidad alcanzado.

Estas tecnologías de acceso mediante fibra óptica presentan varias ventajas sobre las convencionales de cobre:

¹⁷ **Scrambling:** Cifrar o codificar datos con el objetivo de protegerlos.

¹⁸ **8B10B:** Consiste en sustituir cada octeto (8 bits) por un código de 10 bits mediante un algoritmo especial basado en tablas de conversión, diseñadas de forma que cada palabra contenga aproximadamente la misma cantidad de ceros y unos.

¹⁹ **Vídeo RF:** Señal en la que tanto las señales de vídeo y audio son transmitidas por un único canal, adicionalmente son moduladas en radiofrecuencia.

- FTTx ofrece la capacidad de más ancho de banda de las fibras ópticas y una amplia diversidad de servicios (voz, datos y video) a un costo más bajo ya que un cierto número de usuarios finales pueden compartir ancho de banda sobre una simple fibra y porque todo el equipo fuera de la planta es pasivo.
- Nuevos estándares tales como aquellos establecidos por la IEEE e ITU han incrementado la capacidad, supervivencia, seguridad y versatilidad de PONs, abriendo la oportunidad para las economías de escala masiva y costo más bajos.
- FTTx puede ahora ser ofrecido por muchos tipos diferentes de carriers.

La clasificación más empleada de las redes FTTX es la que se indica a continuación:

- **FTTH (*Fiber To The Home*)**, cuando el despliegue de la fibra llega hasta la casa del abonado.
- **FTTB (*Fiber To The Building*)**, cuando la fibra de la red de acceso llega hasta el edificio.
- **FTTC (*Fiber To The Curb*) o FTTk (*Fiber To The Kerb*)**, si la fibra llega hasta la manzana y cubre a un determinado número de usuarios.
- **FTTCab (*Fiber To The Cabinet*)**, cuando la fibra llega hasta el armario de distribución, y
- **FTTEx (*Fiber To The Exchange*)**, si la fibra parte desde la central.

En la Figura 1.3 se ilustran estas tecnologías:

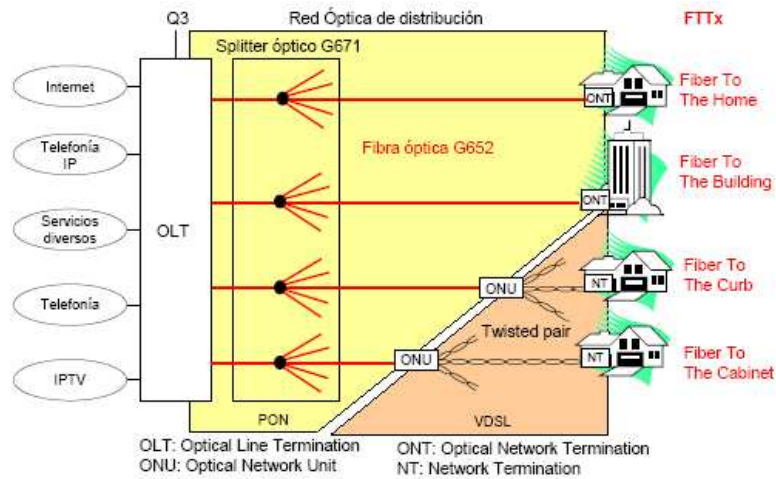


Figura 1.3: Tecnologías FTTx [38]

Arquitectura

La sección 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 1.4 muestra las arquitecturas disponibles.

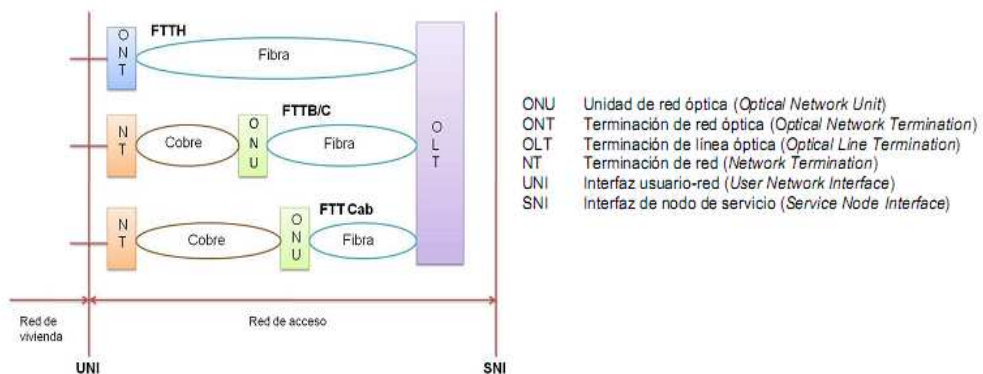


Figura 1.4: Arquitecturas FTTx [42]

Funcionamiento

El tráfico enviado a los domicilios de los abonados puede ser de muy diversa naturaleza (por ejemplo IP) y por ende diferente formato (ATM, Ethernet, etc). Corresponde a la ONU la adaptación de la información sobre las aplicaciones solicitadas por el cliente al formato final que será transportado hacia la OLT. La OLT distribuye la señal hacia las ONUs de la red de acceso empleando un formato de modulación 16 - QAM²⁰ a través de la red de distribución óptica ODN (ver figura 1.5).

En el camino descendente la OLT envía la información a todas las ONTs, de forma punto-multipunto, procesando cada uno de ellos la información que le corresponde, la señal se difunde a todas las ONUs de la red, la información se transmite mediante multiplexación por división temporal (TDM). Cada abonado puede recibir una variada gama de servicios como IP, TV, telefonía, etc.

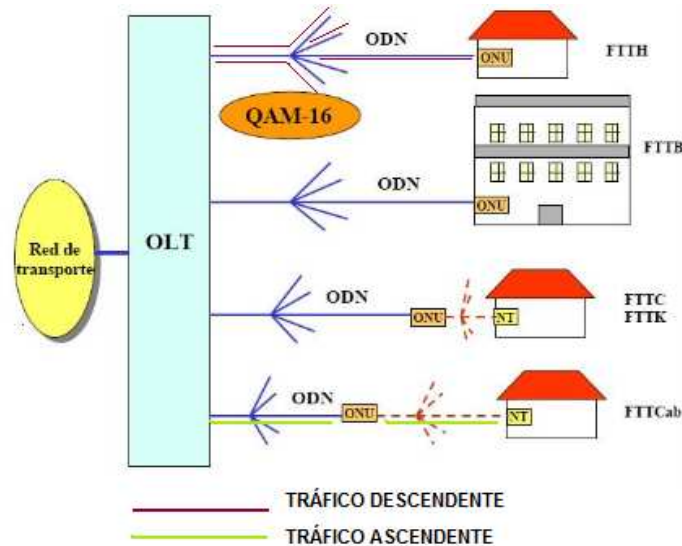


Figura 1.5: Funcionamiento de FTTx [39]

²⁰ **16-QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura de 16 estados):** Cada flujo de datos se divide en grupos de cuatro bits, y a su vez en subgrupos de 2 bits, codificando cada bit en 4 estados o niveles de amplitud de las portadoras.

En el camino ascendente cada ONT envía la información hacia la OLT, mediante multiplexación por división en el tiempo. Para el tráfico ascendente, los usuarios comparten el medio, por lo que es necesario un mecanismo que controle el acceso al medio. Una ONU que desee transmitir debe recibir la autorización pertinente de la OLT. El mecanismo de garantía de transmisión puede establecerse bien mediante sondeo de diversas ONUs por parte de la OLT o bien mediante el empleo de protocolos de acceso al medio.

De esta forma todas las comunicaciones se realizan desde la OLT con un par de fibras hasta el divisor óptico, una para el canal ascendente y otra para el descendente, en la actualidad se puede emplear una sola fibra con equipos que soporten multiplexación por longitud de onda.

A continuación se presenta una descripción detallada de cada una de estas tecnologías poniendo énfasis en sus ventajas.

- **Fibra hasta el Hogar, FTTH (*Fiber To The Home*):** Se trata de llegar con fibra hasta el hogar del abonado, directamente desde la OLT (la ONU se encuentra situada en el hogar del abonado). Es la alternativa más directa puesto que no emplea segmentos de cable conductor, pero de mayor costo para proporcionar acceso de banda ancha (aproximadamente 25 Mbps). Requiere transmisión completamente óptica de forma descendente y ascendente: cada usuario necesita en su hogar una ONU con transmisor/receptor óptico (motivo de su alto costo).

FTTH el modelo de la red de acceso completamente óptica, donde la ONU se sitúa en el domicilio del abonado y por lo tanto debe existir una distinta por cada uno de ellos. FTTH provee por lo tanto un acceso libre de cables metálicos y, en principio es de suponer que es la opción más atractiva en cuanto a la capacidad que puede ofrecer a cada usuario. Al mismo tiempo es la más costosa para el operador, ya

que gran parte de los elementos que este tipo de red debe implementar no son compatibles con la infraestructura existente (todos los equipos deben ópticos), adicionalmente requiere de un desembolso por parte del usuario del servicio que le garantice la correcta distribución de la señal. La instalación dentro del hogar ha de incluir cableado y tomas, se recomienda que deban ser por lo menos dos en cada habitación.

El punto de entrada de la fibra óptica al hogar se realiza mediante la ONU ya que este equipo es el encargado de adaptar las señales ópticas y comunicarse con la central extrayendo la información destinada al usuario que se conecta a él y separándola del resto de la trama que circula por la fibra. Para la instalación fuera del hogar se puede usar varios métodos como el de tendido aéreo de fibra, el tendido subterráneo ya sea con ductos de protección de la fibra o sin ellos.

Ventajas

- Planta externa pasiva.
- Disponibilidad de componentes.
- Infraestructura de Fibra, preparada para las velocidades demandadas en el futuro.
- Ancho de Banda simétrico (ascendente y descendente).
- Debido a que la instalación de esta tecnología depende de varios factores como: entorno regulatorio, capacidad de inversión, capacidad de realizar nuevas acometidas, calidad del par de cobre instalado; FTTH se convierte en la opción ideal para nuevos edificios.

- Posibilidad de empleo de técnicas: MAC, ATM, Conmutación de paquetes.

Desventajas

- La infraestructura de la red debe ser por completo óptica.
 - Los costos del cableado interior son elevados.
 - El usuario debe adquirir los equipos requeridos para el acceso.
- **Fibra hasta el edificio FTTB (*Fiber To The Building*):** Se trata de llegar con fibra hasta el interior de un edificio residencial o de negocios. Existe una única ONU para todo el edificio, de forma que la parte de cobre restante debe ser menor a 500m. El número de usuarios que comparten la ONU oscila entre 16 y 32.

El objetivo principal de este escenario sería acortar aún más el tramo de par de cobre utilizado para soportar el servicio VDSL, pero reutilizando el cableado interior de cobre de los edificios. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que dicha longitud puede variar en función de la naturaleza del inmueble. Así, por ejemplo, en una propiedad con edificios unifamiliares o con varios edificios que compartan la infraestructura de la acometida pueden existir casos en que ésta sea realmente de longitud considerable.

Por otro lado, en el caso de inmuebles únicos, dicha longitud estaría posiblemente entre 50–100 m. A estas longitudes las velocidades que se pueden alcanzar son altas, pudiendo llegar a un máximo de 100 Mbps, lo que hace esta variante especialmente atractiva para edificios corporativos, es decir, aplicaciones para clientes empresariales.

En casos de edificios con ICTs²¹, la ubicación de dichos armarios sería menos complicada puesto que estarían situados en el RITI²². Sin embargo, para edificios antiguos sin RITI, dicha ubicación tendría más complejidad teniendo que localizar una ubicación, por ejemplo garajes u otros espacios comunes.

En este escenario, los pares de la acometida provenientes de cada usuario confluirían en el armario situado en el edificio. La conexión de dicho armario con la red sería a través de fibra, que transportaría la información de los abonados VDSL, y mediante pares de cobre, que darían prolongación a la acometida de cada usuario hasta la central.

Asimismo, la conexión mediante fibra del armario con la red puede ser una arquitectura punto a punto o mediante red en árbol con xPON.

Este escenario se divide a su vez en dos escenarios, uno para las unidades multivivienda (*MDU, Multi-Dwelling Unit*), y el otro para las empresas. Cada escenario tiene las siguientes categorías de servicio:

FTTB para MDU

- Servicios de banda ancha asimétricos (por ejemplo, servicios de difusión digital, vídeo por demanda (*VoD, Video On Demand*), descarga de ficheros, etc.).
- Servicios de banda ancha simétricos (por ejemplo, difusión de contenidos, correo electrónico, intercambio de ficheros, cursos a distancia, telemedicina, juegos en línea, etc.).

²¹ **ICT:** Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones

²² **RITI:** Registro de Instalación de Ubicación Interior, en este lugar se instalan equipos de telefonía y comunicaciones por cable.

- Servicio telefónico ordinario (*POTS, Plain Old Telephone Service*) 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.

FTTB para empresas

- Servicios de banda ancha simétricos (por ejemplo, programas informáticos de grupo, difusión de contenidos, correo electrónico, intercambio de ficheros, 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.
- Línea privada. La red de acceso proporciona, de una manera flexible, servicios de línea privada con distintas velocidades.

Ventajas

- Arquitectura flexible y actualizable en el tiempo.
- Reducción de los costos de instalación.
- Tiempo de despliegue menor para ofrecer servicios que demandan más anchos de banda y distancias. El operador no necesita negociar el despliegue de la fibra dentro del edificio hasta las casas de los clientes.

- Inversión inicial menor, debido a la reutilización de la infraestructura de cobre existente. Hay un ahorro en el costo de tramitación de licencias, costo de mano de obra, de ingeniería de instalación y costo de fibra óptica.

Desventajas

- Esta tecnología no soporta anchos de banda especificados por VDSL2, por esta razón no se lo podría ofrecer a todos los clientes.
 - El costo operacional es mayor debido a la existencia de más protocolos y dispositivos, que suponen más puntos vulnerables a fallas y una mayor complejidad en el monitoreo de la red.
- **Fibra hasta la Manzana, FTTC (*Fiber To The Curb*) o FTTk (*Fiber To The Kerb*):** Se trata de compartir la ONU y el tendido final de fibra por parte de varios abonados (ubicados en una manzana o área residencial de pequeña extensión), la fibra es terminada en una pequeña caja en la acera, donde la señal óptica es convertida en señal eléctrica y llega al hogar a través de pares de cobre. La parte de cobre por abonado es menor a 500m y el número de usuarios que comparten la ONU oscila entre 16 y 64. Las capacidades típicas son de 25-52 Mbps (descendente residencial), 2,6 Mbps (ascendente residencial), 12 Mbps (ascendente/descendente negocios).
 - **Fibra hasta el Armario, FTTCab (*"Fiber To The Cabinet"*):** Se trata de una configuración similar a FTTC, donde el tramo de cobre es de longitud inferior a 1.5 Km, el número de abonados que comparten una ONU es superior (64-128), pero las capacidades son inferiores. Las

capacidades típicas son 25Mbps (descendente residencial), 2 Mbps (ascendente residencial), 2 Mbps (ascendente/descendente negocios).

Es importante mencionar que las redes FTTC y FTTCab comparten características similares, ya que la fibra que parte desde el OLT se termina en una ONU compartida por varios usuarios y situada a mayor o menor proximidad de las residencias de éstos, existiendo un cable de cobre desde la terminación de la ONU hasta cada abonado.

Puesto que el número de bucles de corta longitud en las centrales es muy reducido, para dar este servicio a un porcentaje amplio de la población es necesario ubicar los equipos OTN no en la central, sino en armarios situados a la distancia necesaria de los usuarios.

En estos escenarios se incluyen las siguientes categorías de servicio:

- Servicios de banda ancha asimétricos (por ejemplo, servicios de difusión digital, vídeo por demanda, descarga de ficheros, juegos en línea, etc.).
- Servicios de banda ancha simétricos (por ejemplo, difusión de contenido, correo electrónico, intercambio de ficheros, cursos a distancia, telemedicina, 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.
- **Fibra hasta la Central, FTTEx (*Fiber To The Exchange*):** La fibra termina cerca del OLT y la longitud del tramo de cobre es de longitud inferior a 5 km. El número de abonados que comparten una ONU es

64-128. Las capacidades típicas son: 1.5-6 Mbps (descendente residencial) 64-640 Kbps (ascendente residencial), 0.5 Mbps (ascendente/descendente negocios). Se ofrecen las mismas categorías de servicio que en FTTCab.

1.3 SERVICIOS *TRIPLE PLAY* [13]

Uno de los objetivos que persiguen los proveedores de servicios de telecomunicaciones es poder incrementar la gama de servicios que ofrecen actualmente, adaptándose así a la creciente demanda de los abonados, de esta manera se propone un nuevo paquete de servicios denominado *Triple Play*.

1.3.1 Definición

Triple Play es el empaquetamiento de servicios y contenidos audiovisuales (voz, banda ancha y televisión). Se debe aclarar que este concepto es creado por los proveedores, quienes lo usan para definir la comercialización de los servicios telefónicos de voz junto con al acceso a Internet y los servicios audiovisuales como canales de televisión, los cuales se transportan por un único medio físico y equipo terminal. Este servicio trae ventajas tanto a los usuarios como a los proveedores ya que permite una mejora considerable en la calidad de los servicios, nuevas posibilidades en telefonía, un abaratamiento del acceso a Internet y facilidad para integrar nuevos servicios todo dentro de la misma plataforma.

Beneficios para el proveedor:

- Se considera que el proveedor de servicios puede ahorrar más de la mitad de los costos que incluyen la gestión y mantenimiento, ya que en

vez de manejar varias plataformas, cada una diseñada para un tipo de tráfico distinto (telefonía fija, telefonía móvil, datos o Internet), tiene la posibilidad de implementar una sola red multiservicio.

- Ahorro en ancho de banda, ya que las redes que soportan este servicio al estar basadas en IP, permiten la compresión de voz y datos.
- Permite ofrecer diferentes paquetes de servicios dependiendo de las necesidades de cada usuario.

Beneficios para el usuario:

- La reducción en los costos al operador se traducirá en mejores tarifas para el usuario final.
- Los servicios serán facturados en un solo recibo de pago.
- Los usuarios tendrán trato con un solo proveedor de telecomunicaciones.
- Podrá recibir todo tipo de mensajes Fax, Email, voz y datos con una única conexión, gracias a la integración de las redes.

Si un proveedor de servicios de telecomunicaciones ofrece telefonía por un par de hilos, televisión por cable, y acceso a Internet mediante un módem ADSL y diferentes conexiones, prometiendo cobrar mediante un único pago mensual, NO está entregando *Triple Play*, simplemente está ofreciendo una única factura por los tres servicios. *Triple Play* es un servicio que provee voz, datos y video a través de una única conexión de banda ancha de forma que se aprovecha los recursos de la red dando la posibilidad de ofrecer otras aplicaciones multimedia usando un mismo equipo terminal.

1.3.2 SERVICIOS QUE FORMAN EL PAQUETE *TRIPLE PLAY*.

La integración de los servicios que conforman el paquete *Triple Play* es posible gracias a la digitalización de las señales, lo que consiste en representar en forma de secuencia binaria cualquier tipo de señal. En este proyecto se propone que el proveedor pueda ofrecer un paquete con los siguientes servicios:

1.3.2.1 Accesos a Internet

Internet, es la red de telecomunicaciones a la cual están conectadas millones de redes en todo el mundo, es considerada como la red de redes. En los últimos años ha tenido un gran crecimiento, son cada vez más las personas que desean acceder al Internet, pues este se ha convertido en la fuente más extensa de consulta, entretenimiento y compras. Usa el protocolo de comunicaciones TCP/IP que permite establecer conectividad entre cualquier tipo de computadores.

La empresa encargada de ofrecer a los clientes finales el servicio de valor agregado Internet se denomina un ISP (*Internet Service Provider*). Los ISP's, utilizan su propio protocolo (dentro del TCP-IP) encargado del enrutamiento de los paquetes de datos. Para ello, en las memorias de las máquinas que poseen van almacenando información relacionada con las sub-redes que cuelgan de todas las demás ISP's y por supuesto, de la suya propia. De esta forma, conocen siempre la situación de toda la red y encaminan los paquetes por las rutas más adecuadas. Existen varias jerarquías de ISP's, así:

ISP's Tier 1: Están en la cima de la jerarquía de los ISP's, estos son grandes proveedores nacionales e internacionales que están conectados directamente al Internet *Backbone*. Estos ISP diseñan conexiones altamente confiables, con tecnologías que utilizan múltiples conexiones hacia el Internet *Backbone*. Las

ventajas principales de los clientes de ISP's Tier 1 son la confiabilidad y velocidad, menor probabilidad de fallas o cuellos de botella, el inconveniente de esta conexión es su costo muy alto

ISP's Tier 2: Adquieren su servicio de Internet de ISP's Tier 1. Generalmente se enfocan en los clientes comerciales. Ofrecen más servicios que las otras los ISP's Tier 3. Éstos disponen de recursos para operar sus propios servicios como DNS, servidores del e-mail, y servidores web. Adicionalmente, pueden ofrecer desarrollo y mantenimiento de *websites*, *e-commerce/e-bussines* y VoIP.

ISPs Tier 3: Es la jerarquía más baja, compran su servicio de Internet de la ISP's Tier 2. Estos ISP's se encargan de la comercialización del servicio al menudeo y mercado local de un sitio específico. Ofrecen una conectividad a Internet a usuarios localizados en hogares y pequeñas empresas. En este caso el estudio está propuesto principalmente para este tipo de ISP, puesto que para el transporte y acceso a Internet se contratará los servicios de un ISP de mayor jerarquía para ofrecer el servicio a diferentes tipos de clientes concentrados en el sector central de la ciudad de Ibarra.

Internet Backbone Es el eje central, formado por un conjunto de líneas de alta velocidad que unen miles y miles de redes, en su inicio cruzaban los Estados Unidos de costa a costa, y que después se han extendido para cubrir el resto del mundo.

Para ofrecer el acceso a internet inicialmente se usaron las líneas telefónicas analógicas para la transmisión de datos, pero una de las principales limitaciones era la capacidad que estas ofrecían, por lo que fue necesario crear técnicas de transmisión con cuales se mejoró la capacidad de las líneas telefónicas (familia xDSL). Actualmente debido a la creciente demanda se

trata de cambiar el medio de transmisión por uno que no presente éstas limitaciones, como es la fibra óptica. En nuestro país la mayoría de proveedores ofrecen servicios de banda ancha por medio de líneas de cobre con capacidades de 128Kbps hasta 2Mbps.

1.3.2.2 Televisión por cable

Surge por la necesidad de llevar señales de televisión de diversa índole, hasta el domicilio de los abonados, sin necesidad de que éstos deban disponer de diferentes equipos receptores, reproductores y sobre todo de antenas. La ventaja del cable es la de disponer de un canal de retorno, que permite realizar una serie de servicios sin tener que utilizar otra infraestructura. La dificultad de tender la red de cable en lugares de poca población hace que solamente los núcleos urbanos tengan acceso a estos servicios.

Inicialmente se lo concibió mediante una red de cable coaxial donde se lo transmita de forma analógica, posteriormente gracias a la digitalización de las señales y a la implementación de redes con fibra óptica se busca mejorar la calidad con el video de alta definición. Se considera que en la práctica se debe asegurar de una capacidad mínima de 6 Mbps para ofrecer televisión por cable de alta definición. Los proveedores de estos servicios ofrecen por lo general paquetes de entre 18 a 250 canales, dependiendo de lo que el usuario elija.

Para ofrecer el servicio de televisión por cable el operador debe contar con la infraestructura básica que consiste de una estación matriz, la cual cuenta con un estudio encargado de la adquisición, procesamiento y emisión de la señal, luego la señal pasa por diferentes etapas antes de llegar al suscriptor:

- La etapa de adquisición debe contar con equipos para receptar y generar señales de audio y video, por ejemplo, cámaras, micrófonos, receptores de señales de microondas y satelitales.
- En la etapa del procesamiento se requiere equipos que permitan procesar las señales receptadas o generadas en la etapa de adquisición. Se emplea típicamente equipos como VTR (*Video Tape Recorder*) para el almacenamiento de las señales editadas y listas para la transmisión, generadores de sincronismo encargados de sincronizar todas las señales que ingresan para posteriormente enviarlas al *switch* de video donde el operador selecciona las señales de video y la consola de sonido donde se prepara lo que se desea transmitir. En esta etapa es muy común el uso de servidores que almacenen la programación, ya sea producida en el canal o distribuida por otros medios de comunicación.
- Finalmente en la etapa de emisión se encuentran todos los equipos de microondas encargados de poner al aire todo lo que esté a la salida del *switch* de video y la consola de sonido.

1.3.2.3 Telefonía Fija

Inicialmente se transmite voz analógica por un par de cobre con filtros entre los 4 KHz, actualmente se pretende la transmisión de voz digitalizada que requiere de una capacidad de 128Kbps, transmitida por la misma plataforma que el video y los datos, con otros servicios adicionales como identificador de llamada, llamada en espera, transferencia de llamadas, entre otras.

El operador debe contar con la infraestructura necesaria para permitir que un usuario pueda comunicarse en tiempo real con otro remoto. Así debe contar con las siguientes áreas:

- Red Primaria (Central de Conmutación). Dependiendo de la cobertura puede contar con:
 - Central de conmutación Local
 - Central de tránsito nivel 1
 - Central de tránsito nivel 2
 - Central de tránsito nivel 3
 - Central de Tránsito Internacional

- Red Secundaria: Es la planta externa y la red de cableado.
- Red de Abonado: Es la última milla, por lo general es par de cobre.

La red primaria está constituida básicamente por la central donde se encuentran todos los equipos de conmutación. Los tipos de centrales que se tienen son:

Centrales Locales de conmutación, CL: Caracterizadas por su limitada capacidad, razón por la que no se pueden conectar simultáneamente todos los usuarios. Para solucionar este inconveniente, en una misma red telefónica puede haber más de una central local.

Central de tránsito, CT: Conecta a varias centrales locales con la finalidad de permitir comunicarse a usuarios conectados en diferentes redes locales de conmutación. Existen centrales de tránsito CT de diferente nivel jerárquico. Las centrales de tránsito CT nivel 1 son las de nivel jerárquico más bajo y su función es conectar las centrales locales CL a las cuales a su vez se conectan los usuarios. Las centrales de tránsito CT nivel 2 están en el siguiente nivel jerárquico, ellas conectan centrales de tránsito de nivel 1.

Centrales de tránsito internacional, CTI: Quienes conectan las centrales de tránsito nacionales CT de más alto nivel y permiten la salida de las comunicaciones a otros países.

1.3.3 ARQUITECTURA GENERAL DE LA RED *BACKBONE* NECESARIA PARA OFRECER SERVICIOS *TRIPLE PLAY*.

En este proyecto se propone el diseño de la red de acceso que permita a un proveedor de servicios ofrecer el paquete *Triple Play*, esta red de acceso debe conectarse a un *backbone* que le ofrezca la capacidad necesaria de transmisión y la conectividad hacia el Internet, a continuación se describirá de forma general las características que debe tener el proveedor (ISP Tier 2) que se deberá contratar para ofrecer todos los servicios que forman parte de este paquete.

La red que se debe emplear para el transporte de los datos y conectividad a Internet debe ser convergente, es decir que sobre una misma infraestructura se puedan transportar servicios de diversa naturaleza. En la figura 1.6 se pueden apreciar los cuatro segmentos que comprenden una red de servicios de telecomunicaciones que soporte los servicios *Triple Play*:

- Acceso
- Agregación.
- Distribución.
- Núcleo (Core).

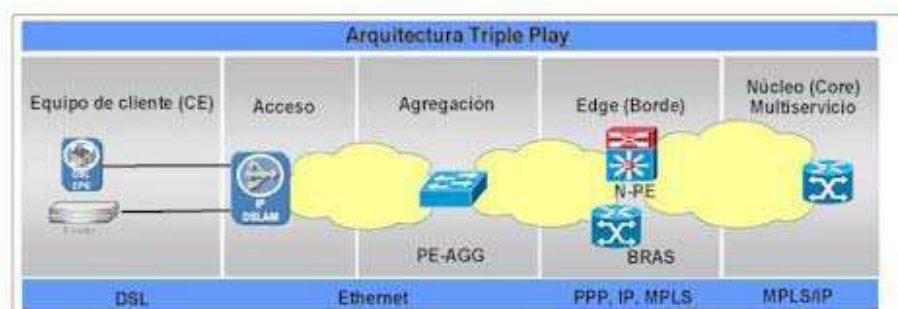


Figura 1.6: Arquitectura General de una red Telecomunicaciones. [13]

Acceso: Se refiere a la infraestructura que conecta al usuario final con el proveedor de servicios, está constituido por:

- **El equipo terminal** ubicado en el domicilio del cliente es por lo general un módem *Triple Play* que se encarga de dividir las señales de diferente naturaleza (voz, datos y video) proveniente de la red y de transportar los requerimientos de las aplicaciones que están siendo ejecutadas por el usuario final hacia la red.
- **El medio de transmisión**, típicamente es el par de cobre el cual debe cumplir con una capacidad mínima de 11 Mbps, razón por la cual en los últimos años se ha tratado de remplazarlo por fibra óptica.
- **Nodos de acceso** conformados por equipos que concentran clientes y marcan el límite entre la red del proveedor y el usuario final, los mismos suelen ubicarse en las centrales telefónicas ó en los concentradores de planta externa.

Agregación: Esta capa intermedia permite conectar varios nodos de acceso, los mismos que se conectan al borde (*Edge*). Para la agregación de estos nodos de acceso se emplea normalmente switches/routers, en diferentes topologías y tecnologías.

- **Agregación capa 3 con IP/MPLS**, Esta es la alternativa más costosa puesto que requiere de equipos con mayores funcionalidades de agregación, consistiendo generalmente en gran cantidad de nodos de acceso que soporten IP.
- **Agregación a capa 2**, Es puramente basada en Ethernet. Utilización de VLANs. Tiene un costo menor pero presenta problemas de complejidad de gestión de las VLANs y escalabilidad.

- **Agregación a nivel 2 utilizando MPLS.** Esta alternativa tiene un costo intermedio, se basa en la utilización EoMPLS (*Ethernet over MPLS*) y VPLS. Tiene un gran potencial de escalabilidad y además permite facilidades de calidad de servicio (QoS).

Distribución: Marca el límite entre capa L2 (enlace de datos) y la capa L3 (red) ó superiores que brindan los servicios *Triple Play*. En el borde se encuentran equipos denominados BNG (*Broadband Network Gateway*) ó Gateway de red de banda ancha. En el caso de acceso a Internet en la modalidad PPPoE el *gateway* es el encargado de realizar el control, autorización y autenticación de las sesiones y se denomina BRAS (*Broadband Remote Access Server*) y otro *gateway* para el acceso del servicio de video. Cuando el modelo de acceso a Internet es con DHCP, se puede tener un único *gateway* que realice el control de ambos servicios (video e Internet).

Núcleo, ó Core: Su función es la de realizar ruteo a gran escala, y unir a nivel nacional los diferentes dominios de agregación y distribución. En esta capa no hay definición de servicios ni de abonados como ocurre en las anteriores.

Como se las mencionó anteriormente la convergencia de las redes implica que el núcleo o *core* tenga siguientes características:

- Consolidar el transporte de datos, voz y vídeo, realizado tradicionalmente sobre distintas redes, sobre un “*backbone*” común de paquetes basado en IP/MPLS. Esto implica el abaratamiento de la implementación de la infraestructura y la facilidad de gestión de la red.
- Integrar los servicios de datos, voz y vídeo sobre tecnología de paquetes IP, lo que permite acceder a las funciones propias de esta tecnología como calidad de servicio, seguridad, almacenamiento, video bajo demanda, etc.

Para el presente proyecto, se realizará el diseño de una red de acceso para ofrecer servicios TRIPLE PLAY, pero también se considerará la posibilidad de acceder a diferentes opciones para aquellos clientes que no requieren del paquete completo, cabe mencionar que no se ofrecerá exclusivamente el servicio de telefonía fija ya que se considera un costo elevado para el usuario y porque la penetración de CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones) es muy amplia, a continuación se mencionan dichos planes:

- Plan de acceso a Internet.
- Plan de televisión por cable.
- Plan de acceso a Internet y televisión de cable.
- Paquete TRIPLE PLAY

Estos planes tendrán variación en cuanto al ancho de banda, número de canales de televisión por suscripción y cantidad de minutos de telefonía fija que pueden ser contratados, esto dependerá de las necesidades de los usuarios de acuerdo con las actividades que realicen, los costos de cada uno de estos planes se presentarán en capítulos posteriores, pues el cálculo del costo dependerá de la inversión inicial para instalar la red de acceso y de los costos de operación y mantenimiento de la red.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que para el diseño de la red de acceso se debe cumplir con una capacidad mínima requerida para cada usuario de forma que se pueda ofrecer los servicios, por ejemplo se puede diferenciar un cliente residencial de un cliente comercial o educativo. A continuación en la figura 1.7 se aprecia que la capacidad mínima para cada tipo de usuario dependiendo de sus requerimientos:

TRIPLE PLAY REQUERIMIENTOS. DE CAPACIDAD




		Residenciales	Comerciales	Educativos
	TV de Alta definición HD	6 Mbps	9 Mbps	9 Mbps
	Telefonía Fija	128 Kbps	128 Kbps	128 Kbps
	Internet Banda Ancha	1 Mbps	2 Mbps	2 Mbps
Total mínimo aprox		8Mbps	12 Mbps	12 Mbps

Figura 1.7: Requerimiento de Capacidad para Servicios Triple Play [13]

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DEL MERCADO

2.1. INTRODUCCIÓN

Como parte inicial se realizará una breve descripción de las empresas que ofrecen servicios de voz, datos y televisión por cable en la ciudad de Ibarra, detallando sus principales características técnicas, su área de cobertura, número de usuarios, los servicios que ofrecen y sus costos.

Adicionalmente se establece la demanda de los servicios *Triple Play*, para el sector elegido, como base para el diseño de la red de acceso que se desarrollará en el siguiente capítulo. Con este fin se dividió a la población en tres segmentos: residencial, educativo y comercial, sobre los cuales se realizó un muestreo para certificar que existe la necesidad de estos servicios.

Finalmente se presenta una proyección para los siguientes 5 años, periodo establecido como un tiempo óptimo para el funcionamiento de los equipos y posible introducción de nuevas tecnologías.

2.2 INFORMACIÓN GENERAL Y ESTADÍSTICAS DEL SECTOR DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR. [3]

En agosto de 1995 se reforma la Ley Especial de Telecomunicaciones con la cual se crean organismos a nivel nacional para la regulación, administración y control del sector de las comunicaciones y del espectro radioeléctrico.

Así se crea el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), como el ente que administrará y regulará el sector de las telecomunicaciones en el país, incluyendo el espectro radioeléctrico, adicionalmente es quien dicta las normas para permitir la libre competencia entre operadoras, este organismo nos representa internacionalmente frente a la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones). La Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) se establece como la encargada de la ejecución e implementación de las políticas del sector de las telecomunicaciones y de la regulación de los trámites aprobados por el CONATEL incluyendo el Plan Nacional de Frecuencias (excepto las bandas de radio y televisión y el servicio móvil marino de las fuerzas armadas). Finalmente, la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL) se crea como el organismo que controla y monitorea el espectro radioeléctrico, es además la encargada de la supervisión y control de las operadoras, concesionarios²³ y permisionarios²⁴ a nivel nacional y de gestionar las denuncias de los usuarios.

A continuación se indican algunos datos estadísticos proporcionados por la Superintendencia de Telecomunicaciones para apreciar el notable crecimiento del número de usuarios de servicios de valor agregado Internet²⁵ de cuentas dedicadas²⁶ y líneas conmutadas²⁷, del servicio de televisión por

²³ **Concesionario:** Persona natural o jurídica que ha obtenido de la SENATEL el título habilitante, para prestar servicios finales de telecomunicaciones.

²⁴ **Permisionario:** Persona Natural o jurídica que se encuentra legalmente facultada por el estado ecuatoriano para brindar el servicio de valor agregado de Internet, con autorización de la SENATEL.

²⁵ **Servicios de valor agregado:** Son aquellos que utilizan servicios finales de telecomunicaciones e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida.

²⁶ **Cuentas dedicadas:** Son todas aquellas cuentas que no requieren marcar a un número determinado para acceder al servicio como puede ser ADSL, cable modem, radio, etc.

²⁷ **Línea Conmutada:** Es una forma barata de acceso a Internet en la que el cliente utiliza un módem para llamar a través de la Red Telefónica Conmutada (RTC) al nodo del ISP.

cable y de telefonía fija, con lo cual se evidenciará la necesidad del diseño de redes que ofrezcan un gran ancho de banda y que sean capaces de soportar la creciente demanda por parte de los usuarios y el aumento de nuevos de servicios multimedia.

2.2.1 SERVICIOS DE VALOR AGREGADO INTERNET. [4]

La Superintendencia de Telecomunicaciones define al servicio de valor agregado como aquel que utiliza servicios finales de telecomunicaciones e incorpora aplicaciones que permitan transformar el contenido de la información transmitida. Esta transformación debe incluir un cambio neto de los puntos extremos de la transmisión en el código, protocolo o formato de la información, lo que permitirá al usuario conectarse al Internet. El título habilitante para la instalación, operación y prestación del servicio de valor agregado es el permiso, otorgado por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL), previa autorización del Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) cuyo plazo de duración es de diez años, los requisitos se pueden encontrar en la página web de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.

De acuerdo al Registro oficial de N° 545 del 01 de Abril del 2002, los permisionarios para la prestación de servicios de valor agregado tendrán el derecho a conexión internacional, desde y hacia sus nodos principales, para el transporte de la información necesaria para la prestación de sus servicios y podrán realizarlo bajo las siguientes modalidades:

- Infraestructura propia.- Para lo cual deberá especificarlo en la solicitud y adjuntar el diagrama y especificaciones técnicas; y, conjuntamente deberá tramitar la obtención del título habilitante correspondiente necesario para su operación, no pudiendo ser alquilada su capacidad o infraestructura a

terceros, es decir que necesariamente requiere de un título habilitante para la prestación de servicios portadores.

- Contratar servicios portadores.- Para lo cual deberá señalar en la solicitud correspondiente la empresa de servicios portadores que brindará el servicio.

En la actualidad el Internet se ha convertido en la fuente principal de consultas, compras, oferta de servicios, transacciones bancarias y comunicación en todo el mundo. Nuestro país a pesar tener el más elevado costo a nivel de Latinoamérica, presenta de igual forma una tendencia creciente de la demanda de acceso de Internet, en la figura 2.1 se muestra el crecimiento en los últimos ocho años:

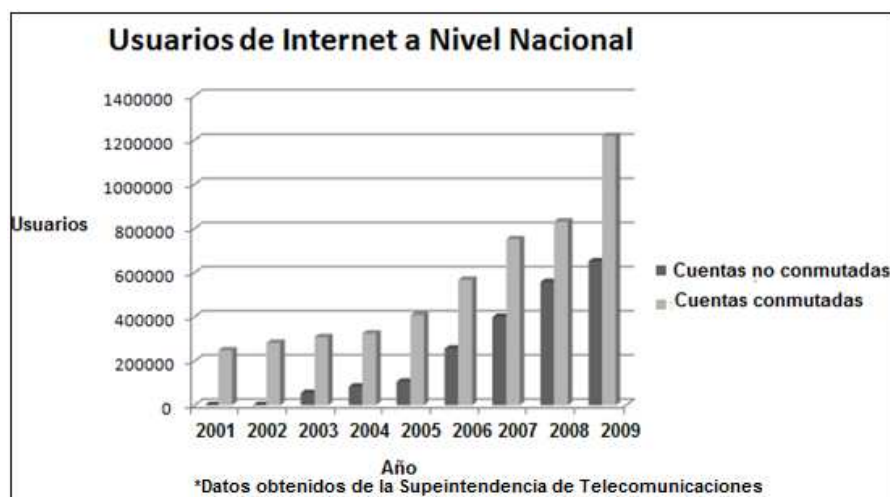


Figura 2.1: Usuarios de Internet a Nivel Nacional [7]

Adicionalmente, se puede apreciar que siempre el número de usuarios conmutados es mayor, por lo que se concluye que la mayoría de los usuarios emplean la línea telefónica convencional para acceder al Internet, por lo tanto las operadoras de telefonía fija tiene mayor posibilidad de ofrecer el paquete *TRIPLE PLAY* a sus abonados, pues cuentan con una gran infraestructura de acceso tendida en cobre, razón por la que se considera que este estudio puede estar dirigido al interés de la operadora de telefonía fija que predomina

el mercado de la ciudad de Ibarra, ANDINATEL. Sin embargo, se estima que el crecimiento de usuarios dedicados en los dos últimos años (respecto de los conmutados) ha sido mayor, lo que hace pensar que la demanda de mayor capacidad de transmisión se incrementa constantemente.

A continuación en la Tabla 1.1 y la figura 2.2 evidencian datos de los usuarios de la provincia de Imbabura y el crecimiento del número de usuarios de Internet ya sea sobre líneas dedicadas o conmutadas:

AÑO	Cuentas Conmutadas	Cuentas Dedicadas	Cuentas Totales	Usuarios Conmutados	Usuarios Dedicados	Usuarios totales
2006	937	591	1528	3504	2734	6238
2007	1123	896	2019	4490	3845	8335
2008	1115	1082	2197	4460	4469	8929
2009	1572	2076	3648	5288	5358	10646
Datos obtenidos de la SENATEL, hasta noviembre 2009						

Tabla 2.1: Usuarios de los servicios de valor agregado para la Provincia de Imbabura. [4]

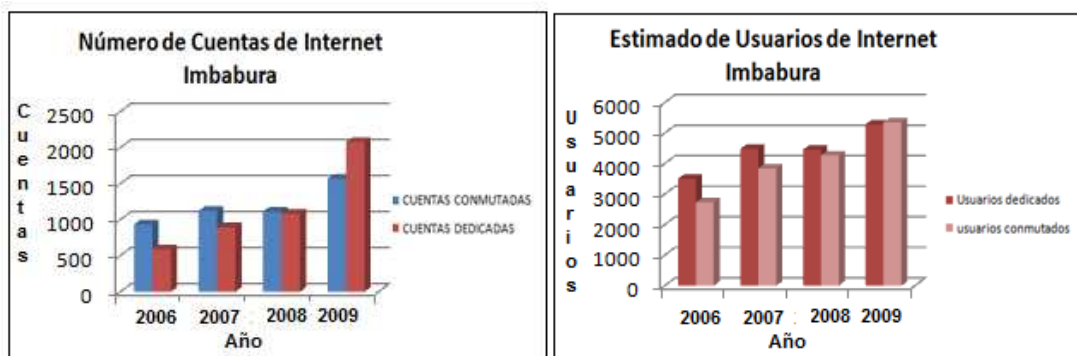


Figura 2.2: Número de Cuentas y Usuarios de Internet en la Provincia de Imbabura [4].

La Superintendencia de Telecomunicaciones en diciembre del 2008 presenta una lista de personas naturales o jurídicas las cuales fueron autorizadas para ofrecer servicios de valor agregado Internet, a continuación en la Tabla 2.2 se mencionarán únicamente a aquellas que tienen cobertura nacional y en la provincia de Imbabura:

NOMBRE DEL PERMISIONARIO	AREA DE COBERTURA
Aulestia Baez Martha Patricia	Quito, Imbabura, Esmeraldas, Otavalo
Cine Cable TV	Carchi, Imbabura
Transelectrc S.A	Nacional
Corporación Nacional de Telecomunicaciones	Nacional
Domínguez Limaico Hernán Mauricio	Imbabura
Imbanet	Ibarra, Tulcán, Otavalo, Quito
Lutrol S.A	Nacional
Megadatos	Nacional
Montenegro Tamayo Rómulo Patricio	Imbabura
Román Mata Juan Francisco	Ibarra

Tabla 2.2: Listado de Permisarios autorizados por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones para ofrecer servicios de Valor agregado Internet. [4]

Para septiembre del 2008 la Superintendencia de telecomunicaciones indica que la densidad de uso de servicios de valor agregado de acuerdo al total de habitantes de la provincia de Imbabura es del 2.24%, un índice verdaderamente bajo que refleja que éste es un servicio que aún no ha sido explotado, por lo que este diseño puede ser oportuno.

2.2.2 SERVICIOS DE TELEVISIÓN POR CABLE [4]

De acuerdo a la Superintendencia de Telecomunicaciones se define como un servicio de televisión por cable a la transmisión de señales de audio, video y datos a través de un cable físico destinado a cierto grupo particular de

suscriptores que cuentan con los equipos receptores de estas señales. En caso de querer operar como concesionario de este servicio se debe hacer la solicitud a la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL), los requisitos se pueden obtener en la página web de esta institución. A continuación se presenta el número de suscriptores de televisión por cable en el Ecuador para los últimos cinco años.

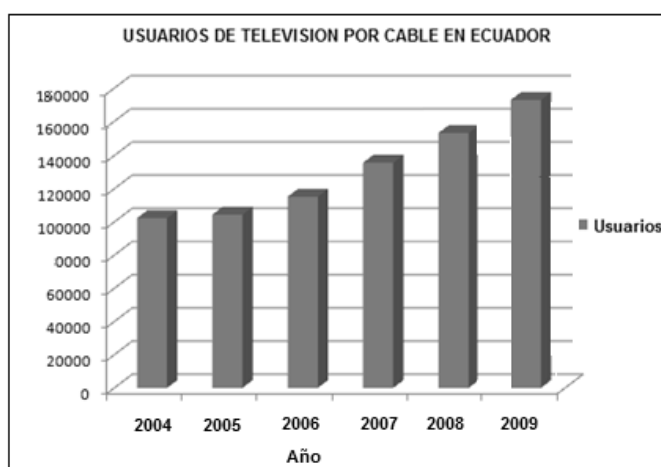


Figura: 2.3 Número de Suscriptores de Televisión por Cable en Ecuador. [4]

En la tabla 2.3 se indica las empresas que para el 2009 la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones ha renovado el permiso para ofrecer el servicio de televisión por cable, se menciona únicamente aquellas que tienen cobertura nacional y en la provincia de Imbabura, ya que éstas posteriormente serán detalladas, por ser de interés para la investigación de este proyecto.

NOMBRE DEL CONCESIONARIO	AREA DE SERVICIO
CABLE UNION	Ibarra
CINE CABLE TV	Ibarra
IMBANET	Ibarra
GRUPO TVCABLE	Nacional
Datos obtenidos de la Superintendencia de Telecomunicaciones, válidos hasta septiembre del 2008	

Tabla 2.3: Empresas autorizadas a ofrecer servicios de televisión por Cable en la Provincia de Imbabura. [29]

De acuerdo a datos estadísticos de la SENATEL se tiene que la penetración del servicio de televisión por cable en la provincia de Imbabura es del 4.3 %, lo que comparado con la densidad a nivel nacional (del 7.5%) resulta muy bajo, por lo que este proyecto tendría mucho mercado por cubrir.

2.2.3 SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA [6]

En nuestro país actualmente se presta el servicio de telefonía fija a través de cinco operadoras a nivel nacional, de las cuales en la provincia de Imbabura opera ANDINATEL S.A, hoy llamada Corporación Nacional de Telecomunicaciones “CNT” que para septiembre del 2009 presentó las cifras detalladas en la Tabla 2.4 mostrada a continuación:

Total líneas de abonado	Centrales	Densidad Telefónica	Digitalización
30886	16	17%	100%

Tabla 2.4: Cifras de ANDINATEL S.A válidos hasta septiembre 2009 para la provincia de Imbabura. [4]

2.3 EMPRESAS QUE OFRECEN SERVICIOS DE INTERNET, TELEVISIÓN POR CABLE Y TELEFONÍA FIJA EN LA CIUDAD DE IBARRA.

A continuación se presenta una breve descripción de las empresas que ofrecen actualmente los servicios que forman parte del paquete *TRIPLE PLAY* por separado; es decir, servicios de valor agregado Internet, televisión por cable y telefonía fija en la ciudad de Ibarra.

Se detallan básicamente sus principales características como por ejemplo: áreas de cobertura, infraestructura de transmisión, nodos, servicios que

ofrecen y su costo. Cabe destacar que no se logró obtener los datos sobre el número de abonados de cada empresa en la ciudad de Ibarra, puesto que la Superintendencia de Telecomunicaciones no cuenta con la información detallada por ciudad y las operadoras guardan con mucho recelo estos detalles.

2.3.1 COORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES [19]



CNT es una de las empresas con mayor dominio en el mercado de la telefonía fija en el país, sobre todo en las provincias de la Sierra excepto Azuay. Actualmente es una de las empresas autorizadas por la SENATEL para ofrecer servicios de valor agregado Internet, con las siguientes características:

Área de Cobertura: A nivel Nacional

Servicios Ofrecidos:

- Acceso al World Wide Web (http/https)
- Correo Electrónico (e-mail)
- Transferencia de archivos (FTP)
- Portales regionales especializados
- Soluciones a medida para usuarios individuales o grupos, para empresas pequeñas, medianas o grandes, o empresas de telecomunicaciones.
- Acceso especializado ADSL
- Acceso con E1's
- Líneas y enlaces dedicados de diferentes anchos de banda y propósito, para ISP's y empresas de telecomunicaciones.

- Hosting de sitios web
- Enlaces especiales para ISP's

Soluciones en Imbabura:

TDM: Ibarra, Atuntaqui, San Antonio

ADSL: Ibarra, Otavalo.

Costos: En la tabla 2.5 se observan los precios para conexión dial Up:

Precios Planes Dial Up				
Plan	Tarifa	Inscripción	Hora Adicional	Descripción del Plan
Ilimitado Anual	165.00	----	----	Ilimitado
Ilimitado Semestral	87.00	----	----	Ilimitado
Ilimitado Trimestral	44.00	----	----	Ilimitado
Ilimitado Mensual	15.00	10.00	----	Ilimitado
Noches Libres	10.00	10.00	1.5	De lunes a viernes de 21h00 a 9h00 Fin de Semana Gratis
Estudiantes	10.00	10.00	1.5	De lunes a domingo de 14h00 a 20h00
Ágil 15	10.00	10.00	1.5	15 horas al mes
Ilimitado Fin de Semana	10.00	10.00	1.5	Ilimitado Fin de Semana

Tabla 2.5 Precios de conexión Dial Up de Andinatel [6]

Servicios Fast Boy, banda ancha: son servicios ilimitados que permiten hacer y recibir llamadas y usar el servicio de Internet simultáneamente. Todos estos servicios tienen un costo adicional de USD 50 por la instalación y un costo mensual dependiendo de la velocidad en Kbps, así:

128/64 kbps	USD 20.16
256/128 kbps	USD 27.89
512/256 kbps	USD 44.69
1024/256 kbps	USD 77.90
2048/512 kbps	USD 119.00

Detalles Técnicos:

- **Infraestructura de transmisión:**

Internacional:

- Enlace simétrico de fibra óptica entre el Nodo Principal IÑAQUITO (Quito) – USA a una velocidad de 2 STM1's, provisto por el servicio portador de ANDINATEL S.A.

- Enlace simétrico de fibra óptica entre el Nodo Principal IÑAQUITO (Quito) – USA a una velocidad de 3 STM1's, provisto por el servicio portador de ANDINATEL S.A.

Nacional-Provincia de Imbabura:

- Enlace simétrico de fibra óptica entre el Nodo IBARRA – Nodo TULCÁN a una velocidad de 2048 Kbps, provisto por el servicio portador de la empresa ANDINATEL S.A.

- Enlace simétrico de fibra óptica entre el Nodo IBARRA – Nodo OTAVALO a una velocidad de 2048 Kbps, provisto por el servicio portador de la empresa ANDINATEL S.A.

Andinatel es una de las empresas con mayor extensión de tendido de fibra óptica (únicamente superada por Transelectric) en el país, la misma que es usada exclusivamente para la transmisión de voz digitalizada y datos entre centrales. En la figura 2.4 se aprecia cómo se encuentra el tendido de fibra óptica en la provincia de Imbabura; y, en la tabla 2.6 se encuentran las principales características de nodos o centrales de conmutación que se encuentra en la ciudad de Ibarra. Esta información fue concedida por el departamento responsable de la troncal de fibra óptica de la empresa.



Figura 2.4 Ubicación de los nodos de conmutación conectados mediante fibra óptica en la ciudad de Ibarra. [25]

ENLACE	Longitud (m)	Conector Óptico	Tipo de Fibra	Tipo de Instalación	Número de Fibras	Equipos Instalados
IBARRA - REP. DE AZAYA	1870,00	FC/PC	G.652	CANALIZADO	16	Emilo STM4, 16E1s
IBARRA - SAN ANTONIO DE IBA	11500,00	FC/PC	G.652	CANALIZADO	6	Alcatel 1640FOX, STM1, 12 E1s
IBARRA - LA ESPERANZA	9166,00	FC/PC	G.652	AEREO	12	
LA ESPERANZA - ANGOCHAGUA	11786,00	FC/PC	G.652	AEREO	12	
IBARRA - CARANQUI	4777,00	FC/PC	G.652	AEREO	6	*
TOTAL FO	39099,00					

Tabla 2.6 Características generales de los nodos de conmutación en la ciudad de Ibarra. [40]

*: No se logró obtener información por parte de la CNT.

Acceso de abonados:

- A través de líneas conmutadas y/o dedicadas de los operadores de telefonía fija autorizados, y a través de enlaces físicos e inalámbricos provistos por empresas portadoras legalmente autorizadas.

Contactos Ibarra:

Dirección Oficinas Ibarra: Sucre y 456 y García Moreno.

Teléfono: 062643272

www.andinatel.com

2.3.2 LUTROL [20]



La Secretaria Nacional de Telecomunicaciones autorizó a esta empresa para ofrecer servicios portadores regionales, adicionalmente tienen el permiso de ofrecer servicios de valor agregado Internet.

Área de Cobertura: A nivel nacional.

Servicios a ofrecer:

- Mediante el uso de fibra óptica, provee la capacidad necesaria para la transmitir voz, datos y video entre dos puntos de una red usando diferentes segmentos de la misma.
- ADSL Empresarial y Residencial.
- Servicios de Banda Ancha con FTTH “*Fiber to the Home*”, únicamente en la ciudad de Quito.

A continuación, la tabla 2.7 presenta los precios de los planes ofrecidos para banda ancha mediante fibra óptica, en la tabla 2.8 se observan los planes

empresariales ofrecidos mediante la tecnología ADSL con sus respectivos costos y la tabla 2.9 presenta los precios de los planes residenciales:

Banda Ancha mediante Fibra óptica:

ULTIMA MILLA: TELEHOLDING				ULTIMA MILLA: IMPSAT			
PLAN		PVP	INSTALACIÓN	PLAN		PVP	INSTALACIÓN
CDC TELEHOLDING (2:1)	64 K	119.00*	300.00	CDC IMPSAT (4:1)	64 K	119.00*	250.00
CDC TELEHOLDING (2:1)	128 K	159.00*	300.00	CDC IMPSAT (4:1)	128 K	159.00*	250.00
CDC TELEHOLDING (2:1)	192 K	249.00*	300.00	CDC IMPSAT (4:1)	256 K	249.00*	250.00
CDC TELEHOLDING (2:1)	256 K	339.00*	300.00	CDC IMPSAT (4:1)	384 K	339.00*	250.00
CDC TELEHOLDING (2:1)	384 K	429.00*	300.00	CDC IMPSAT (4:1)	512 K	429.00*	250.00
CDC TELEHOLDING (2:1)	512 K	559.00*	300.00	CDC IMPSAT (4:1)	768 K	559.00*	250.00
CDC TELEHOLDING (2:1)	1024 K	719.00*	300.00	CDC IMPSAT (4:1)	1024 K	719.00*	250.00

*Precios no incluyen impuestos

Tabla 2.7 Precios de conexión de Banda Ancha de INTERACTIVE. [7]

ADSL empresarial:

ULTIMA MILLA: ANDINADATOS			
PLAN	USD	PVP	INSTALACIÓN
ADSL PYMES (4:1) - 128K X 64K	USD	75.00*	130.00
ADSL PYMES (4:1) - 256K X 128K	USD	110.00*	130.00
ADSL PYMES (4:1) - 512K X 256K	USD	210.00*	130.00
ADSL PYMES (4:1) - 1024K X 512K	USD	365.00*	130.00
ADSL PYMES (4:1) - 2048K X 512K	USD	580.00*	130.00
SDSL PYMES (4:1) - 128K	USD	125.00*	130.00
SDSL PYMES (4:1) - 256K	USD	235.00*	130.00
SDSL PYMES (4:1) - 512K	USD	365.00*	130.00
SDSL PYMES (4:1) - 1024K	USD	590.00*	130.00
ADSL PYMES - 512K X 128K	USD	90.00*	90.00
ADSL PYMES - 1024K X 128K	USD	140.00*	90.00
SDSL PYMES (4:1) - 128K	USD	189.00*	100.00
SDSL PYMES (4:1) - 192K	USD	279.00*	150.00
SDSL PYMES (4:1) - 256K	USD	359.00*	150.00
SDSL PYMES (4:1) - 384K	USD	549.00*	150.00
SDSL PYMES (4:1) - 512K	USD	649.00*	150.00
SDSL PYMES (4:1) - 1024K	USD	919.00*	200.00
SDSL PYMES (4:1) - 1536K	USD	1249.00*	200.00
SDSL PYMES (4:1) - 2048K	USD	1499.00*	200.00

*Precios no incluyen impuestos

Tabla 2.8 Precios de ADSL Empresarial de INTERACTIVE. [7]

ADSL Home:

ULTIMA MILLA: ANDINADATOS			
PLAN	USD	PVP	INSTALACIÓN
ADSL HOME - 128K X 64K	USD	26.90*	80.00
ADSL HOME - 256K X 128K	USD	39.00*	80.00
ADSL HOME - 512K X 256K	USD	55.00*	80.00
ADSL HOME - 1024K X 256K	USD	75.00*	80.00

COBERTURA: UIO, STO, Domingo, AMB, Region Sierra

*Precios no incluyen impuestos

Tabla 2.9 Precios ADSL Home de INTERACTIVE. [7]

Contactos:

Dirección: Av. 12 de Octubre y Francisco Salazar Edif. Concorde piso 1 y 2.

Teléfono: 022986440

2.3.3 CINE CABLE TV. [21]



Es una empresa relativamente pequeña que cuenta con la autorización de la SENATEL para ofrecer servicios de televisión por cable y servicios de valor agregado Internet.

Área de cobertura:

- Carchi,
- Imbabura

Descripción de los servicios:

- Acceso a Internet (Incluye: Correo Electrónico, Búsqueda y Transferencia de Archivos, Alojamiento y Actualización de Sitios y Páginas Web, Acceso a Servidores de: Correo, D.N.S, World Wide Web, News, Bases de Datos, Telnet, Intranet y Extranet).

Costos:

Paquete 1: 68 canales de TV por USD 17, 50 mensuales

Paquete 2: 25 canales de TV por USD 10.50 mensuales

Detalles Técnicos:**▪ Nodos Principales:**

En la provincia del **Carchi**

En la ciudad de Tulcán: Nodo Tulcán

Tanques de Agua, Gral. Landázuri entre Bolívar y Olmedo.

En la provincia de **Imbabura**

En la ciudad de Ibarra: Nodo Ibarra

Centro, Calle Tulcán y calle 13 de Abril.

▪ Infraestructura de transmisión:**Internacional:**

- Enlace simétrico entre el Nodo Principal Carchi - USA a una velocidad de 1024 kbps, provisto por el servicio portador de la empresa ANDINATEL S.A.
- Enlace simétrico entre el Nodo Principal Imbabura - USA a una velocidad de 1024 kbps, provisto por el servicio portador de la empresa ANDINATEL S.A.

Acceso de abonados:

A través de enlaces conmutados y/o dedicados provistos por empresas de telefonía legalmente autorizadas y a través de enlaces físicos e inalámbricos

provistos por empresas portadoras legalmente autorizadas. No dispone de autorización para la construcción de redes de acceso.

Contactos Ibarra:

Dirección Oficinas Ibarra: Calle Chica Narváez 5-34 y García Moreno

Gerente Ibarra: Ing. Gisella Garzón

Mail: ibarra2@cinecabletv.com

2.3.4 SOLUCIONES INFORMATICAS DE ORIENTE [22]



La SENATEL concedió el permiso para brindar servicios de valor agregado, Internet al Sr. Freddy Marlon Rosero Cuaspa, quien actualmente es el Gerente Propietario de esta empresa que además ofrece todo tipo de equipos de informática.

Área de Cobertura: Provincia de Imbabura

Servicios Ofrecidos

- Acceso a Internet (Incluye: Correo Electrónico, Búsqueda y Transferencia de Archivos, Alojamiento y Actualización de Sitios y Páginas Web, Acceso a Servidores de: Correo, DNS., World Wide Web, News, Bases de Datos, Telnet).

Detalles Técnicos:

Infraestructura de transmisión Internacional: Enlace simétrico entre el Nodo Principal IBARRA – USA a una velocidad de 3.072 Kbps, provisto por el servicio portador de la empresa ANDINATEL S.A.

Acceso de abonados: A través de líneas conmutadas y/o dedicadas de los operadores de telefonía fija autorizados. No se autoriza la construcción de redes de acceso.

Contactos Ibarra: Web: <http://www.solinfo.com.sv/>

2.3.5 GRUPO TV CABLE [8]



TVCable fue fundada en 1986, en ese año se inició la construcción e instalación de sus sistemas de cable y aerocable, llegando con sus redes de distribución a varios sectores de las principales ciudades del País.

Área de Cobertura: Nacional

Productos:

Banda Ancha: Tecnología de Internet Banda Ancha (512 Mbps) las 24 horas del día, los 365 días del año, sin límite y restricciones de tiempo, sin ocupar la línea telefónica y sin cargos adicionales ni excedentes, los diferentes planes se muestran en la tabla 2.10:

PLAN	USD	PVP	INSTALACIÓN
CM 100 Kbps	\$	19.90*	GRATIS**
CM 300 Kbps	\$	29.90*	GRATIS**
CM 550 Kbps	\$	39.90*	GRATIS**
CM 700 Kbps	\$	49.90*	GRATIS**
CM 1.1 Mbps	\$	69.90*	GRATIS**
CM 1.6 Mbps	\$	99.90*	GRATIS**

*Precios no incluyen impuestos

**INSTALACION GRATIS con débito automático y deberán mantener el servicio al menos por 6 meses, si contratan con pago directo o en oficina el precio de instalación es de \$30.00.

Tabla 2.10: Precios de los Servicios de Valor Agregado Internet de TV Cable [8].

Televisión por cable: Transmisión de señales de televisión pagada. En la ciudad de Ibarra se dispone únicamente de un paquete Super Premium de 61 canales de televisión por 15 dólares mensuales.

Wi-fi: Es un nuevo y exclusivo servicio que le permite navegar a la máxima velocidad sin cables en cualquier lugar de su casa, los planes de cable módem WI-FI se indican en la figura 2.5.

CABLEMODEM Wi-Fi para clientes CABLEMODEM
\$69

CABLEMODEM Wi-Fi para clientes TVCABLE
\$119

Pago a realizar UNA SOLA VEZ



Figura 2.5: Precios cable modem GRUPO TVCABLE. [8]

Triple Pack: Un paquete en el cual se ofrecen servicios de Banda ancha, Televisión por Cable y telefonía fija, los diferentes planes se indican en la figura 2.6.

PLAN FAMILIAR			PLAN BÁSICO		
TVCable - Plan Familiar	34 canales	\$ 12,99	TVCable - Plan Básico	48 canales	\$ 14,90
Telefonía Fija	700 minutos	\$ 8,00	Telefonía Fija	1300 minutos	\$ 10,00
Internet banda ancha	60 kbps	\$ 13,40	Internet banda ancha	550 kbps	\$ 29,90
Total		\$ 34,39	Total		\$ 54,80
Descuento (10%)		\$ 3,44	Descuento Triple Pack (15%)		\$ 8,22
Precio Triplepack		\$ 30,95*	Precio Triplepack		\$ 46,58*
PLAN PREMIUM			PLAN SUPER PREMIUM		
TVCable - Plan Premium	67 canales	\$ 21,50	TVCable - Plan Súper Premium	103 canales	\$ 49,90
Telefonía Fija	1300 minutos	\$ 10,00	Telefonía Fija	1300 minutos	\$ 10,00
Internet banda ancha	700 kbps	\$ 39,90	Internet de banda ancha	2500 kbps	\$ 99,90
Total		\$ 71,40	Total		\$ 159,80
Descuento (15%)		\$ 10,71	Descuento (15%)		\$ 23,97
Precio Triplepack		\$ 60,69*	Precio Triplepack		\$ 135,83*

* Los precios no incluyen impuestos. Aplican restricciones.

Figura 2.6: Precio del servicio TRIPLE PACK GRUPO TVCABLE. [8]

2.3.6 TRANSELECTRIC [9]



La Compañía Nacional de Transmisión Eléctrica, TRANSELECTRIC S.A., es responsable de operar el Sistema Nacional de Transmisión, su objetivo fundamental es el transporte de energía eléctrica. En los últimos años invirtió en tendido de fibra óptica a través de los cables de alta tensión tratando con esto de convertirse en el portador de portadores en el Ecuador.

Las Telecomunicaciones en Transelectric S.A. constituyen el pilar fundamental en donde se soportan la transferencia de datos y voz del Sistema Nacional de Transmisión (SNT); se ha operado y mantenido un Sistema de Telecomunicaciones que utiliza Onda Portadora (PLC)²⁸ a través de las líneas de alta tensión del SNT, con resultados altamente satisfactorios. Las actuales necesidades de comunicación y los requerimientos de alta disponibilidad, demandan la utilización de nuevas tecnologías en la transmisión de la información, es por esto que TRANSELECTRIC se ha visto en la necesidad de implementar fibra óptica como parte de su red de Telecomunicaciones. Adicionalmente, dispone de su propio Centro de Gestión que atiende permanentemente las 24 horas del día los 7 días a la semana para resolver todas las inquietudes relacionadas con el servicio.

TRANSELECTRIC cuenta con una red de telecomunicaciones muy robusta, que consiste en un cable de fibra óptica OPGW²⁹ montado sobre las torres de transmisión de energía eléctrica (instalación aérea), lo que reduce los

²⁸ **PLC (Power Line Communications):** Es una tecnología que aprovecha la red eléctrica para convertirla en una línea digital de alta velocidad de transmisión de datos, permitiendo, entre otras cosas, el acceso a Internet mediante banda ancha.

²⁹ **OPGW (Optical Power Ground Wire):** Cable compuesto tierra-óptico, es un cable de tierra que tiene fibras ópticas insertadas dentro de un tubo en el núcleo central del cable. Las fibras ópticas están completamente protegidas y rodeadas por pesados cables a tierra. Es utilizado por las compañías eléctricas para suministrar comunicaciones a lo largo de las rutas de las líneas de alta tensión.

inconvenientes producidos por otro tipo de instalaciones y permite ofrecer una disponibilidad muy alta.

2.4 ANÁLISIS DEL MERCADO [26],[34]

Para el eficiente diseño de la red de acceso propuesta en este proyecto se decidió seleccionar al sector central de la ciudad de Ibarra indicado en el Anexo 1, principalmente por el alto flujo de potenciales consumidores, con la finalidad de generar un patrón de diseño apropiado que posteriormente pueda ser duplicado de manera fácil para el resto de la ciudad.

Uno de los objetivos para lograr un diseño óptimo es realizar una exitosa estimación de la demanda, razón por lo que se dividió a la población total en tres segmentos considerando cualidades independientes. Se pretende ofrecer a cada uno de los segmentos el paquete *TRIPLE PLAY*, o parte de él, mediante la adecuada tecnología FTTx (*Fiber To The x*) de acuerdo a sus respectivas necesidades. Así, teniendo en cuenta los requerimientos de comunicación, la infraestructura de la que disponen y el valor que estarían dispuestos a pagar se divide en segmentos: comercial, educativo y residencial.

A continuación, teniendo en cuenta la definición de usuario planteada por la Superintendencia de Telecomunicaciones, que dice “Usuario es la persona natural o jurídica que hace uso de un producto; el usuario determina las características y funciones que deberá cumplir el servicio que requiere”, se plantean las características y funciones que debe cumplir la red a diseñarse para cada segmento, así:

En los hogares:

- Bajo costo
- Horarios convenientes (tardes o noches)

- Descarga rápida de archivos
- Mensajería Instantánea
- Protección contra virus informáticos

En los centros educativos:

- Redes de intercambio de archivos
- Foros de discusión
- Multimedia
- Descarga rápida de archivos
- Protección contra virus informáticos
- Gran disponibilidad

En las empresas:

- Correo electrónico personalizado
- Redes de intercambio de archivos
- Foros de discusión
- Total disponibilidad de los servicios
- Seguridad en transferencia de archivos
- Protección contra infección de virus informáticos
- Ninguna publicidad no deseada conocida como Spam³⁰

Adicionalmente, cabe destacar que la gran mayoría de los usuarios buscan nuevos servicios que brinden:

³⁰ **Spam:** Son mensajes no solicitados, habitualmente de tipo publicitario, enviados en grandes cantidades que perjudican de alguna o varias maneras al receptor. También se llama spam a los virus sueltos en la red y páginas filtradas (casino, sorteos, premios, viajes, etc).

- Servicios con calidad superior a los que actualmente utilizan.
- Un sistema de facturación simple, que dentro de lo posible abarque todos los servicios que reciben.
- Disponibilidad de los servicios sin restricciones.
- Servicio de mantenimiento inmediato.
- Baja inversión y costos de mantenimiento.

2.4.1. TAMAÑO DEL MERCADO [41]

Considerando que el sector elegido para el diseño no abarca un barrio o parroquia específica, se decidió tomar el número total de lotes del sector, con lo cual se realizó una estimación del número de viviendas, los datos se obtuvieron de las oficinas de Catastro de la Ilustre Municipalidad de la Ciudad de Ibarra. Se contabilizaron todos los centros educativos y comercios registrados en la Superintendencia de Compañías ubicados en el sector indicado. El sector objeto registra 4151 predios o lotes de los cuales se tiene:

Establecimientos comerciales: 415³¹

Establecimientos educativos: 55³²

Número aproximado de hogares: 3681

2.4.2. CÁLCULO DE LA MUESTRA [34], [12]

A fin de establecer una muestra eficiente, se utilizó el método de Muestreo Estratificado³³. Una muestra probabilística estratificada se aplica cuando es

³¹ <http://www.supercias.gov.ec>

³² Matriculas 2007-2008 , DIRECCIÓN PROVINCIAL DE EDUCACION DE IMBABURA

necesario clasificar la muestra en relación a estratos o categorías que se presentan en la población.

Uno de los objetivos que persigue este proyecto es elaborar el diseño una red de acceso con ingeniería de detalle, es decir, que cada futuro usuario obtendrá servicios de acuerdo a sus requerimientos específicos, por lo que se dividió como mencionamos anteriormente a la población en tres estratos: residencial, comercial y educativo. La estratificación aumenta la precisión de la muestra e implica el uso deliberado de diferentes tamaños de muestra para cada estrato.

Para determinar el tamaño de la muestra cuando los datos son cualitativos, es decir, para el análisis de fenómenos sociales o cuando se utilizan escalas nominales para verificar la ausencia o presencia del fenómeno a estudiar, se emplea la siguiente fórmula [12]:

$$n = \frac{n'}{1 + n'/N} \quad (1)$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra,

N: Número total de predios o lotes,

$n' = \frac{S^2}{\sigma^2}$ sabiendo que:

S² es la varianza de la muestra que puede determinarse en términos de probabilidad como **S² = p(1-p)**,

³³ **Muestreo Aleatorio Estratificado:** Es aquel que considera categorías típicas, diferentes entre sí (extractos), que poseen gran homogeneidad respecto a alguna característica.

σ^2 es la varianza de la población respecto a determinadas variables,

$(se)^2$ es el error estándar al cuadrado, que nos permite determinar σ^2 , por lo que $\sigma^2=(se)^2$ es la varianza poblacional.

Aplicando la fórmula (1) para el total de 4151 lotes, y teniendo en cuenta que se desea tener una información adecuada con error estándar menor a 0.01 al 95% de confiabilidad, resulta un total de 427 encuestas; sin embargo el muestreo estratificado determina que la muestra para cada estrato es proporcional a la desviación estándar dentro del estrato, la fracción del estrato será [12]:

$$fh = \frac{n}{N} = KSh \quad (2)$$

Donde:

$fh = \eta$ es la fracción del estrato,

n es el tamaño de la muestra,

K es una proporción constante que da como resultado una η óptima para cada estrato.

De esta manera, mediante la ecuación (2) utilizando los valores de $N= 4151$ y $n= 427$ la fracción del estrato es 0.1029. Este valor deberá ser multiplicado por el número de establecimientos comerciales, educativos y residenciales para tener el número definitivo de encuestas a realizarse; la tabla 2.11 muestra los resultados obtenidos.

Debido al pequeño tamaño de la población del segmento educativo se consideró necesario el realizar las encuestas a la totalidad del segmento, con esto se espera tener datos más reales sobre los requerimientos de dicho

segmento. Con el mismo concepto se trató al segmento comercial, se realizó las encuestas a la mitad de la población, es decir a 200 comercios, considerando no tan crítico hacerlo en su totalidad, ya que los encuestados en su mayoría eran personas que conocían del tema.

SEGMENTO	POBLACIÓN	FRACCIÓN	TAMAÑO DE LA MUESTRA
COMERCIAL	415	0.1029	43
EDUCATIVO	55	0.1029	6
RESIDENCIAL	3681	0.1029	378
	N=4151		$\eta= 427$

Tabla 2.11: Número de encuestas a realizarse en el sector central de la ciudad de Ibarra

Con el número de encuestas a realizarse, se procedió a elaborar una encuesta para cada segmento, con las que se pretende confirmar las características de los requerimientos de cada segmento planteadas con anterioridad. Se realizaron tres tipos diferentes de encuestas una para cada segmento de la población a estudiar, el modelo se encuentran en el Anexo 2. Las encuestas en los hogares serán aplicadas a personas presentes en las residencias el momento de la encuesta y será lo menos compleja posible, mientras que para los sectores comerciales y educativos la encuesta abarca aspectos más específicos y técnicos por lo que deberá ser aplicada a una persona que conozca sobre el tema.

2.4.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El presente análisis sirve de ayuda para determinar una aproximación de la penetración de los servicios de Telecomunicaciones en el sector escogido y además permite identificar el posible número de clientes para nuestro proyecto, con lo que posteriormente se realizará la proyección de usuarios a cinco años, con el fin de conseguir un dimensionamiento óptimo de los equipos a implementarse.

Una vez concluida la recolección de datos a través de las encuestas, se procede a la tabulación de cada pregunta y se muestra el resultado por medio de gráficos los mismos que se detallan a continuación para cada segmento.

2.4.3.1 Segmento Residencial

Las primeras tres preguntas tratan de cuantificar la presencia de los servicios de telecomunicaciones que forman el paquete *TRIPLE PLAY* (telefonía fija, televisión por cable e Internet) en el domicilio encuestado. Las figuras 2.7, 2.8 y 2.9 indican de manera gráfica los resultados obtenidos:



Figura 2.7: Porcentaje de líneas telefónicas en el segmento residencial encuestado

Como se observa el porcentaje de personas que cuentan con línea telefónica es del 94%, este valor elevado se debe a que el sector seleccionado se caracteriza por ser el centro urbano de la ciudad, adicionalmente este dato da la razón para creer que éste es un proyecto con mayor factibilidad de ser implementado por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

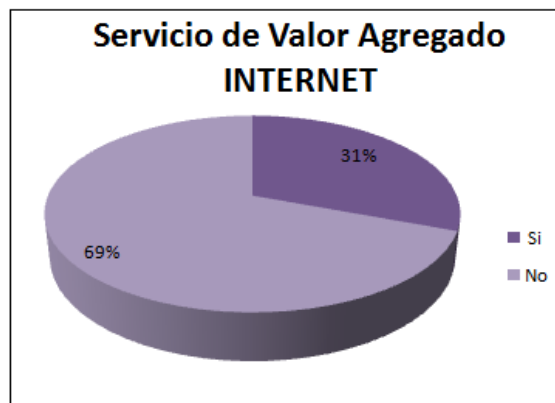


Figura 2.8: Porcentaje de hogares que cuentan con servicio de Internet residencial

Se aprecia que el 69%, es decir, más de la mitad de los hogares encuestados no cuentan con servicios de valor agregado Internet, con lo que se concluye que existe un potencial mercado por explotar.

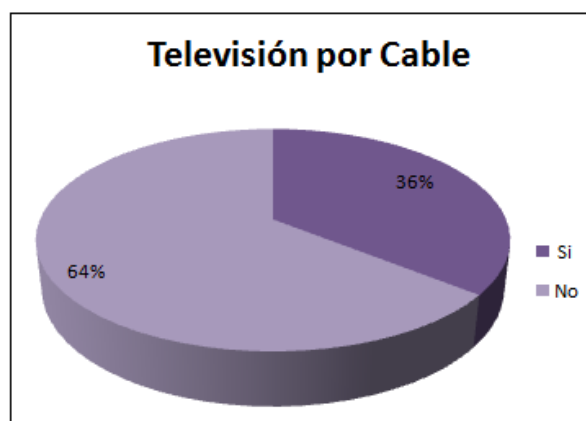


Figura 2.9: Porcentaje de hogares que cuentan con el servicio de Televisión por Cable.

Se observa que el porcentaje de hogares que no cuentan con este servicio es del 64%, un valor considerable para incluir a este sector dentro del grupo de potenciales clientes.

Otro aspecto importante para la estimación de la demanda es el grado de satisfacción de los usuarios con su actual proveedor de servicios de telecomunicaciones, el porcentaje de clientes poco o nada satisfechos también serán incluidos como parte de los potenciales clientes del proyecto, como indica la figura 2.10:

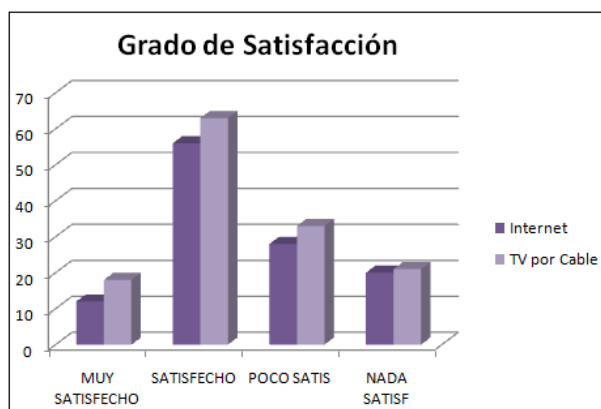


Figura 2.10: Grado de satisfacción de los usuarios

La figura 2.11 muestra el porcentaje de usuarios residenciales a los que su proveedor les brinda soporte técnico:

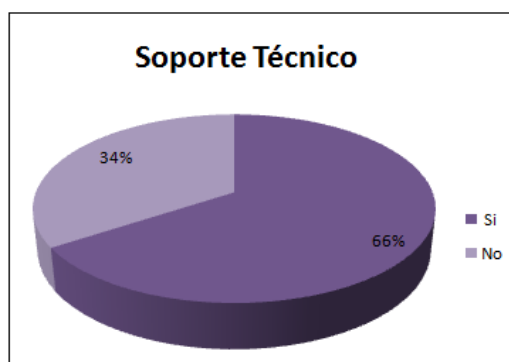


Figura 2.11: Porcentaje de hogares que reciben soporte técnico

A continuación se presenta la tendencia en el tiempo diario de uso de de Internet y Televisión por Cable:

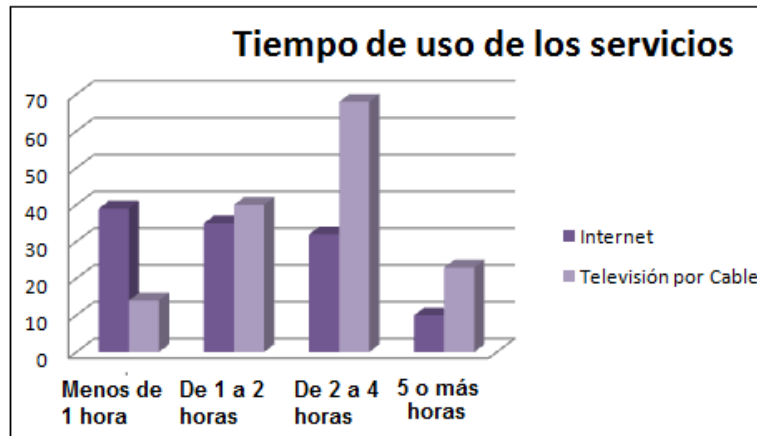


Figura 2.12: Uso diario de los servicios de Internet y Televisión por Cable.

La figura 2.13 representa el grado de aceptación por parte de los posibles usuarios hacia un paquete de servicios *TRIPLE PLAY*.

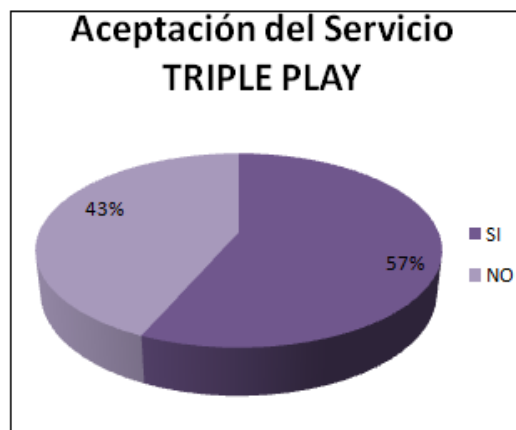


Figura 2.13: Porcentaje de hogares dispuestos a contratar un paquete de servicios *TRIPLE PLAY*

Es importante para el proyecto que se tenga un alto porcentaje de aceptación al servicio *TRIPLE PLAY* a ofertarse, debido a que esto podría significar que

un gran porcentaje de la población de este segmento esté dispuesta a cambiar a su o sus proveedores actuales por uno que ofrezca este paquete.

Finalmente, para aquellas personas que estén dispuestas a contratar el paquete, se plantea un posible valor mensual a pagar por la contratación del servicio *TRIPLE PLAY*, que cuenta con tres servicios: telefonía, Internet y televisión por cable. Cada rango de valores, implica diferentes condiciones de uso de los servicios. La figura 2.14 muestra los resultados obtenidos de las encuestas:

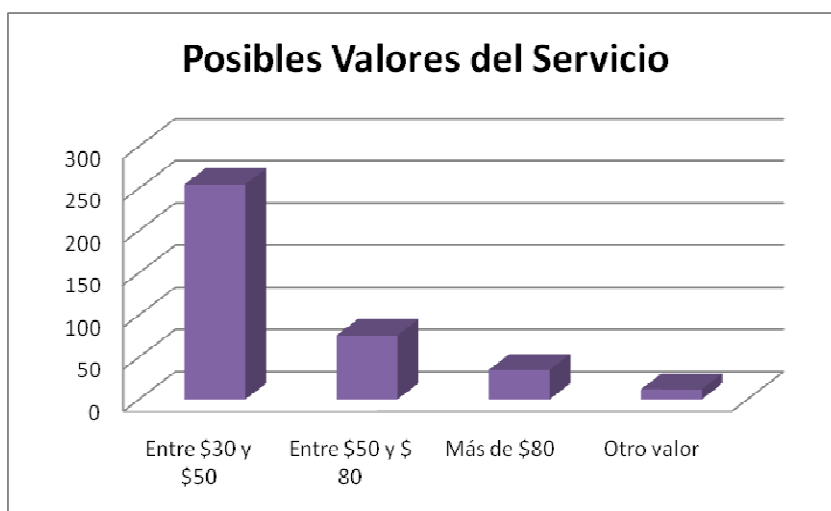


Figura 2.14: Posibles valores mensuales por el paquete de servicios segmento residencial

2.4.3.2 Segmento Comercial

Para este segmento se trató en lo posible de realizar la encuesta a la persona encargada del área de telecomunicaciones de la empresa, a pesar de que en muchos de los casos no existía un departamento o encargado específico. Se considera importante mencionar los servicios con los que cuentan

actualmente para poder determinar las necesidades que poseen, las mismas que el presente proyecto debe ser capaz de cubrir.

La figura 2.15 indica que los servicios más comunes empleados por los comercios son: el correo electrónico, Internet, telefonía fija y la televisión por cable, justamente los servicios que forman parte de paquete *TRIPLE PLAY*.

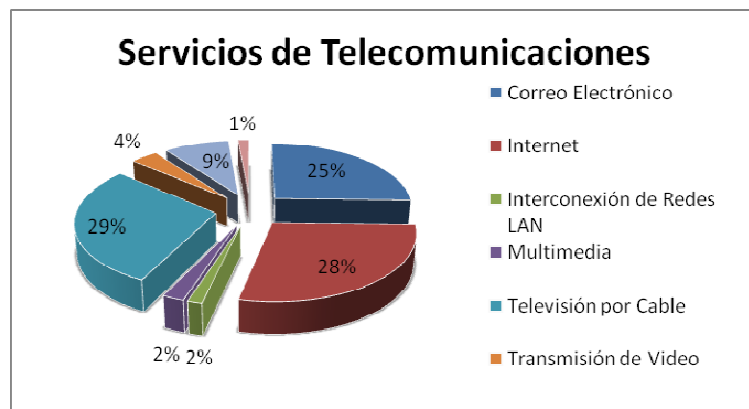
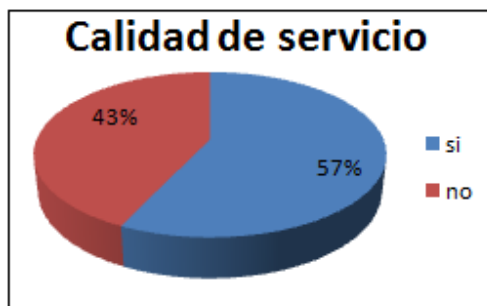


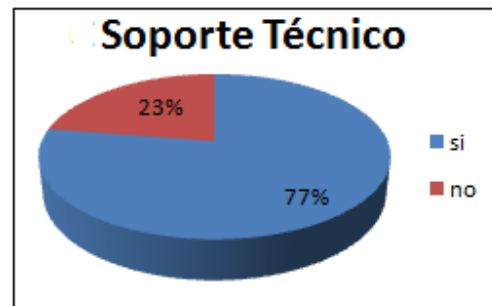
Figura 2.15: Servicios de Telecomunicaciones presentes en las empresas

La mayoría de las empresas encuestadas disponen de enlaces a 512 kbps, aunque hay quienes disponen de enlaces a mayor velocidad, esto depende principalmente de la actividad a la que se dedican.

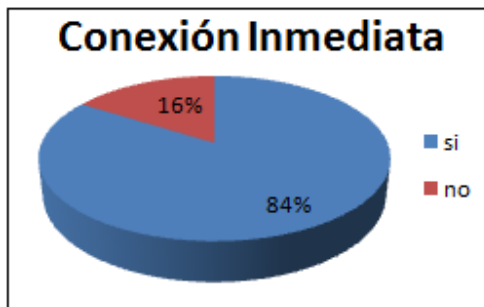
A continuación, las figuras 2.16 (a), 2.16 (b), 2.16 (c) y 2.16 (d) presentan las características que estos proveedores actualmente ofrecen a sus clientes corporativos en la ciudad de Ibarra:



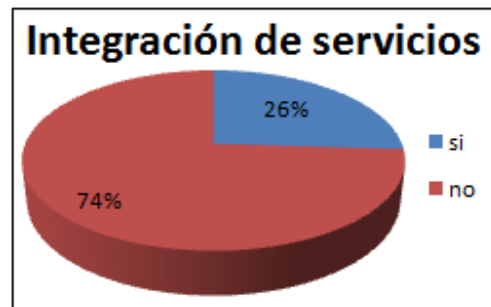
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 2.16: Características de los servicios de telecomunicaciones, segmento comercial.

De acuerdo con la figura 2.16 (d) más del 70% de los encuestados afirma que sus proveedores de servicios no les ofrecen todos los servicios unificados, y se muestran interesados por proveedores que les brinden todos los servicios mediante un único contrato.

En cuanto a la apreciación sobre los servicios de Telecomunicaciones, en su mayoría se muestran satisfechos, como se indica en la figura 2.17:

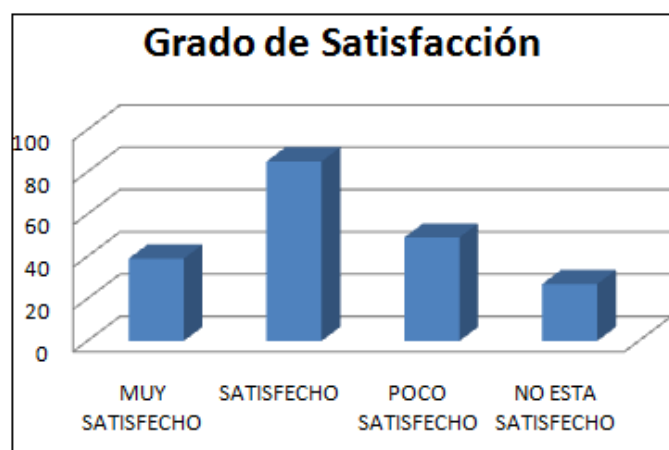


Figura 2.17: Grado de satisfacción en cuanto a proveedores segmento comercial

Se investigó sobre la existencia de una red interna de computadoras en las empresas, esto, con el fin de tener una idea de sus necesidades, la figura 2.18 muestra que el 31% del sector comercial encuestado tiene una red interna de computadoras

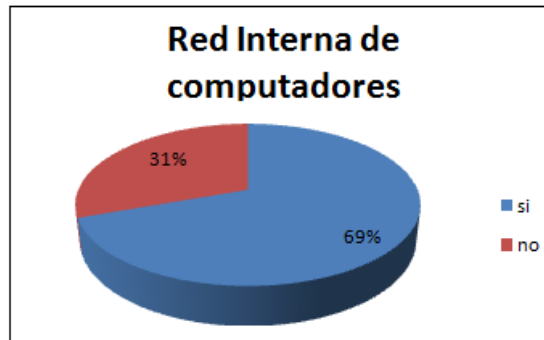


Figura 2.18: Existencia de una red interna de computadoras

Para aquellos clientes comerciales que tienen una red interna de computadoras, se analizan 3 preguntas adicionales. La primera fue acerca del número de computadoras existentes, llegando a la conclusión que dependiendo del tipo de negocio, el número de computadoras varía en un rango de 5 a 30 computadoras aproximadamente. Adicionalmente, se preguntó si la empresa cuenta con un sistema de cableado estructurado y con capacidad de expansión de la red, los resultados se muestran en las figuras 2.19 y 2.20.

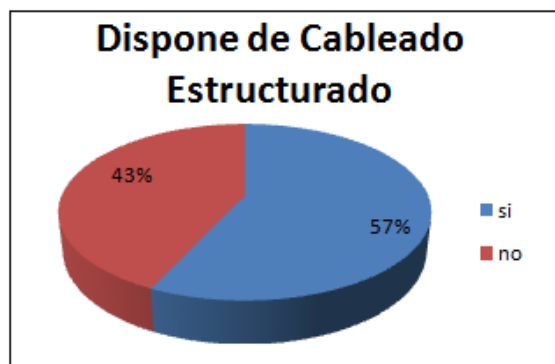


Figura 2.19: Existencia de un Sistema de Cableado Estructurado

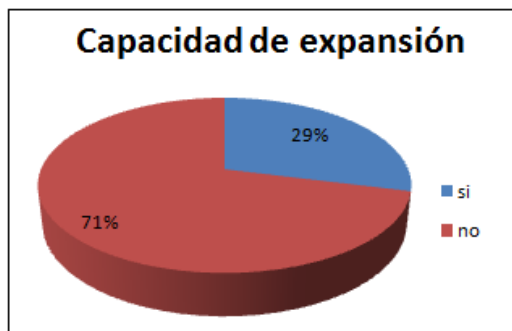


Figura 2.20: Capacidad de expansión de las redes internas

En la figura 2.21 se analiza el o los tipos de medios de transmisión utilizados en las redes de acceso para las diferentes empresas encuestadas, lo que a su vez permitirá intuir las características de los servicios y capacidad con que cuentan.

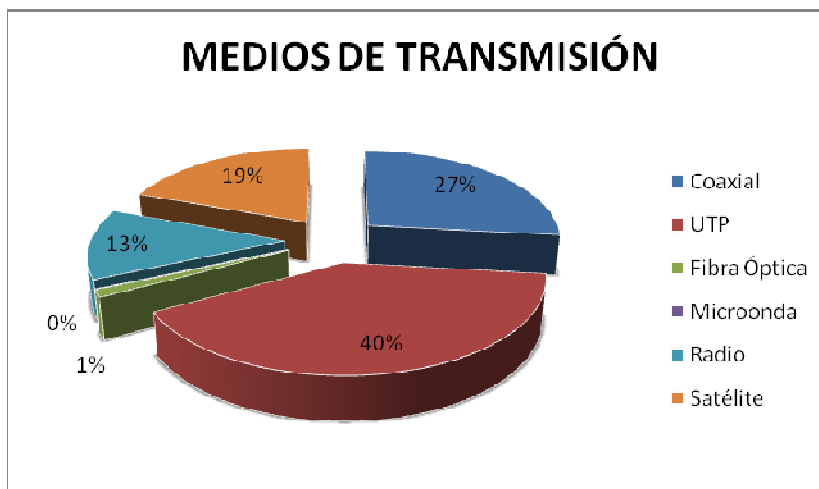


Figura 2.21: Porcentajes de uso de los tipos de medios de transmisión

Se puede apreciar que el cobre es el medio de transmisión que predomina por el momento en el mercado a pesar de sus limitaciones en cuanto a la velocidad de transmisión, sin embargo debido a la constante necesidad de

mayor capacidad y nuevos servicios se considera que la implementación de fibra es una inversión que se recuperará a corto plazo.

Con un panorama más amplio acerca de la situación de estas empresas, se procede a indagar sobre una posible aceptación de nuestro paquete *TRIPLE PLAY*, lo cual haría factible la implementación a futuro de nuestro proyecto. Los porcentajes se muestran en la figura 2.22, donde un 68% del sector encuestado estaría dispuesto a aceptar este paquete.



Figura 2.22: Interés hacia el paquete *TRIPLE PLAY*

Por último, se indaga acerca del valor mensual que la empresa estaría dispuesta a pagar por el paquete ofrecido en este proyecto, los resultados se muestran en la figura 2.23, siendo un valor promedio entre 150 y 200 dólares el que tiene más aceptación entre el sector encuestado.

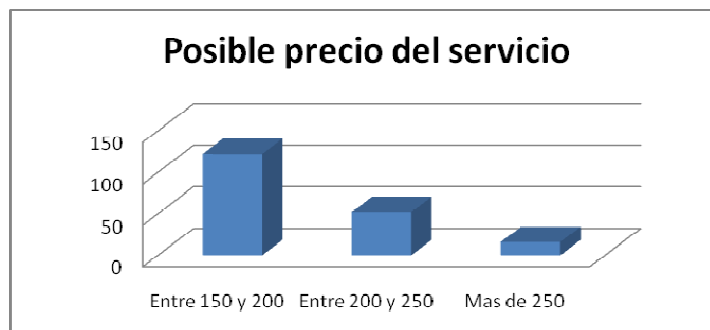


Figura 2.23: Valores a pagar por el paquete

2.4.3.3 Segmento Educativo.

En este segmento, se aplica un cuestionario similar al sector comercial, de igual manera se trató en lo posible de realizar la encuesta a la persona encargada de la parte de telecomunicaciones, así la figura 2.24 muestra los servicios de que disponen los centros educativos encuestados:

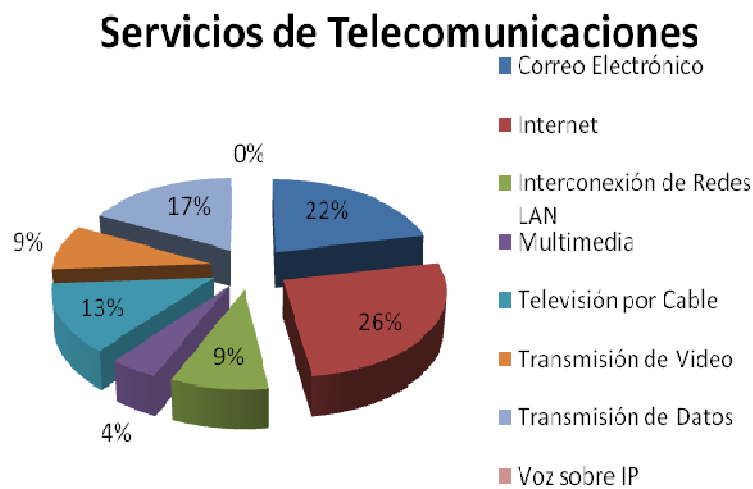
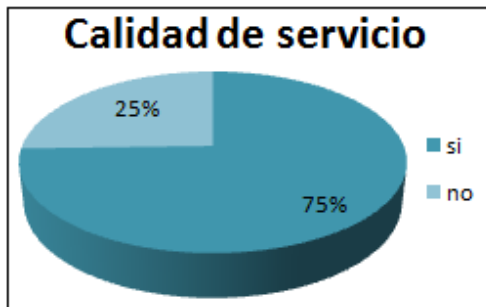


Figura 2.24: Servicios de Telecomunicaciones presentes en los centros educativos

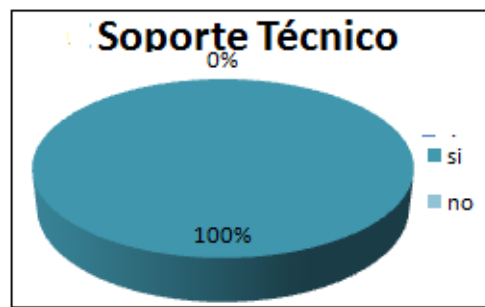
Los centros educativos tienen contratados enlaces con velocidades superiores a 512 kbps y se tiene un promedio de disponibilidad del 95%.

Las figuras 2.25 (a), 2. 25 (b), 2. 25 (c) y 2. 25 (d) muestran un panorama de las facilidades que prestan los proveedores de servicios de Telecomunicaciones al sector educativo.

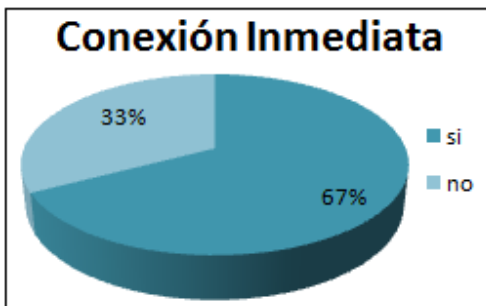
Los centros educativos manifiestan estar satisfechos con el servicio que reciben de sus proveedores, pero les gustaría acceder a mayores prestaciones ya que esto ayudaría al desarrollo de la educación en esta ciudad.



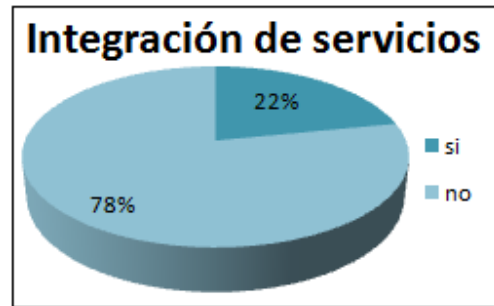
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 2.25: Características Servicios de Telecomunicaciones presentes en los centros educativos.

Así mismo, todos los centros educativos encuestados coinciden en contar con una red interna de computadoras, con un promedio de 30 computadoras conectadas a la red, usadas al menos durante 8 horas diarias. En cuanto a la estructura de la red, se pregunta sobre la existencia o no de un sistema de cableado estructurado, la figura 2.26 muestra que un 71% de los centros educativos encuestados cuenta con este sistema.

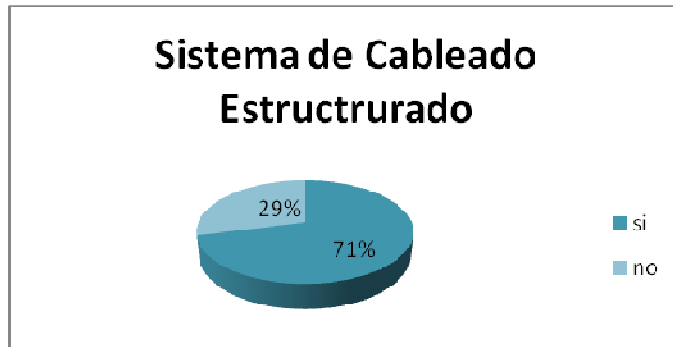


Figura2.26: Porcentaje de centros educativos que cuentan con un sistema de Cableado Estructurado

Se analiza la posibilidad de expansión, en la figura 2.27 constan los respectivos resultados, donde se observa que las redes en un 65% de centros educativos tiene la capacidad de expandirse.

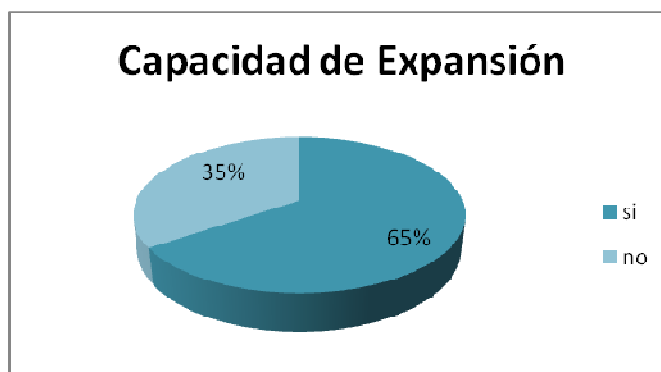


Figura 2.27: Capacidad de expansión de la red en los centros educativos

Teniendo en claro el concepto de lo que es el paquete *Triple Play*, se planteó a los centros educativos la posibilidad de adquirirlo, la figura 2.28 muestra que el 62% de estos centros estarían interesados en el paquete *Triple Play*.

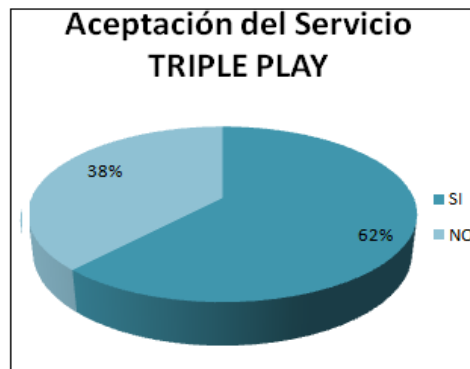


Figura 2.28: Centros educativos interesados en el paquete

Por último, se necesita saber el precio que estos centros estarían dispuestos a pagar por el paquete, lo que se indica en la figura 2.29, donde se observa que el valor comprendido entre 150 y 200 dólares es el que tiene mayor aceptación.

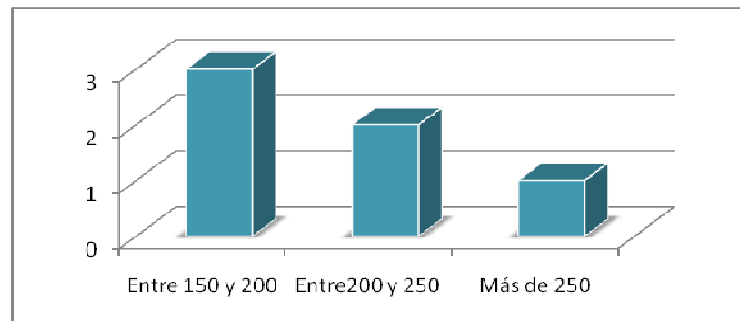


Figura 2.29: Posibles valores a pagar por el paquete

2.4.4 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

Una vez tabulados los resultados de las encuestas, se procedió al cálculo del número aproximado de clientes con los cuales se iniciaría la implementación de la red propuesta. Para los resultados obtenidos, se utilizó un software

desarrollado en España por Miguel Santesmases Mestre llamado DYANE, el mismo que permite definir variables, realizar encuestas, tabularlas y presentar resultados estadísticos de acuerdo a los requerimientos del proyecto. En el anexo 3 se presentan los resultados.

Actualmente en la ciudad de Ibarra no existe ningún proveedor de servicios que ofrezcan el paquete *TRIPLE PLAY* por lo que no se obtuvieron datos reales sobre el número de usuarios que cuentan con estos servicios. Mediante las encuestas se logró recopilar datos sobre la penetración y satisfacción de los usuarios de los servicios telefónica, televisión por cable e Internet y, mediante el uso del software anteriormente mencionado por tabulación cruzada se obtuvieron los datos del número de usuarios que verdaderamente se cambiarían de proveedor de servicios siempre que se les ofrezca el paquete completo. La tabla 2.12 muestra en resumen los resultados obtenidos.

ACEPTACIÓN <i>TRIPLE PLAY</i>	SEGMENTO RESIDENCIAL	SEGMENTO COMERCIAL	SEGMENTO EDUCATIVO	TOTAL
SI	158	86	16	260
NO	220	114	34	368

Tabla 2.12: Número de usuarios dispuestos a cambiarse de proveedor y contratar *TRIPLE PLAY*

Mediante las encuestas realizadas se comprobó que 260 usuarios están dispuestos a cambiar a sus actuales proveedores de servicios de telecomunicaciones y contratar un proveedor que mediante su red convergente les ofrezca el paquete *TRIPLE PLAY* a un precio razonable y con una baja inversión en equipos para su implementación. Este es el número de

clientes con los que se espera contar para el primer mes de operación de la red y en base a este número de clientes se procede al diseño de la red.

2.4.5 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

La proyección de la demanda permite tener un estimado de los requerimientos de la red de acceso a futuro; el tiempo determinado para esta proyección es de 5 años debido principalmente a la vida útil de los equipos e introducción de nueva tecnología.

Como consecuencia de la reciente implementación de los servicios *Triple Play* en el país, han sido seleccionadas las ciudades de Quito y Guayaquil para la ejecución de un plan piloto por parte del Grupo TVCable y Telmex (únicamente en Guayaquil), no se han encontrado datos históricos que nos permitan realizar la proyección de la demanda para este paquete completo, razón por la que se tomaron datos históricos de tres años, de cada uno de los servicios que conforman el paquete, en el cantón Ibarra.

De acuerdo a los resultados de la tabulación de las encuestas y el cruce de variables presentado en el Anexo 3, se obtienen las proyecciones de los posibles planes que podrían ser comercializados.

2.4.5.1 Proyección de la demanda del servicio de Telefonía Fija

Con las encuestas realizadas se pudo observar que únicamente el 6% de los encuestados no contaban con línea telefónica, y que más de 98% están muy satisfechos con su actual proveedor de telefonía, razón por la cual se considera sólo este porcentaje como nuestros posibles clientes. ANDINATEL, actualmente CNT, Corporación Nacional de Telecomunicaciones, es la que empresa que predomina en el mercado de la telefonía fija en el país, por lo

que se tomaron los datos históricos de tres años presentados por la Superintendencia de Telecomunicaciones acerca del número de abonados de telefonía fija en el cantón Ibarra, Provincia de Imbabura, con los que, empleando el Programa Microsoft Excel se obtuvo la proyección del número de los posibles usuarios de telefonía fija para el periodo de cinco años, el resultado se presenta en la figura 2.30 y los valores más precisos se indican en la tabla 2.13:



Figura 2.30: Proyección de la demanda Telefonía Fija en el Cantón Ibarra

1er AÑO	2do AÑO	3er AÑO	4to AÑO	5to AÑO
23	60	85	105	122

Tabla 2.13: Valores de la Proyección de la demanda Telefonía Fija en el Cantón Ibarra

2.4.5.2 Proyección de la demanda del servicio de Televisión por cable.

En base a los resultados de las encuestas, la tabla 2.14 muestra el número de los posibles clientes del servicio de televisión por cable:

Residencial:	30
Comercial:	15
Educativo:	7
TOTAL:	52

Tabla 2.14: Posibles Usuarios del servicio de TV por cable.

Con los datos obtenidos de la Superintendencia de Telecomunicaciones, validos hasta el mes de julio del 2009 sobre el número de suscriptores de televisión por cable en el cantón Ibarra, se obtuvo la ecuación con la que se calcula la proyección para los cinco años, el resultado se presenta en la figura 2.31 y sus valores en la tabla 2.15:

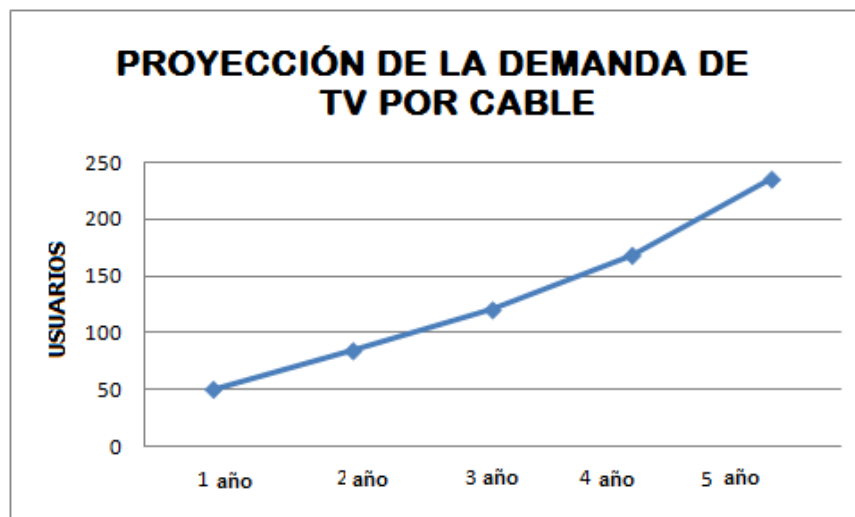


Figura 2.31: Proyección de la demanda de Televisión por Cable en el Cantón Ibarra

1er AÑO	2do AÑO	3er AÑO	4to AÑO	5to AÑO
52	84	120	168	235

Tabla 2.15: Número de clientes Televisión por Cable de acuerdo con la proyección para cinco años en el Cantón Ibarra.

2.4.5.3 Proyección de la demanda del servicio de Valor Agregado Internet.

De igual manera, utilizando los resultados de las encuestas realizadas, en la tabla 2.16 se considera a los posibles usuarios del servicio de Internet exclusivamente, así:

Residencial:	25
Comercial:	17
Educativo:	12
TOTAL:	54

Tabla 2.16: Posibles Usuarios del servicio de valor agregado Internet.

Debido a que la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones no tiene datos históricos del sobre la evolución de los usuarios de servicios de valor agregado para el cantón de Ibarra se tomaron como válidos los presentados para la Provincia de Imbabura, en base a la ecuación de la tendencia en el crecimiento del número de cuentas de servicio de valor agregado Internet, se calcula la proyección del número de potenciales clientes para un período de

cinco años, que se muestra en la figura 2.32 y considerando el resultado de las encuestas, se tiene un detalle del número de clientes a lo largo del periodo de análisis en la tabla 2.17:

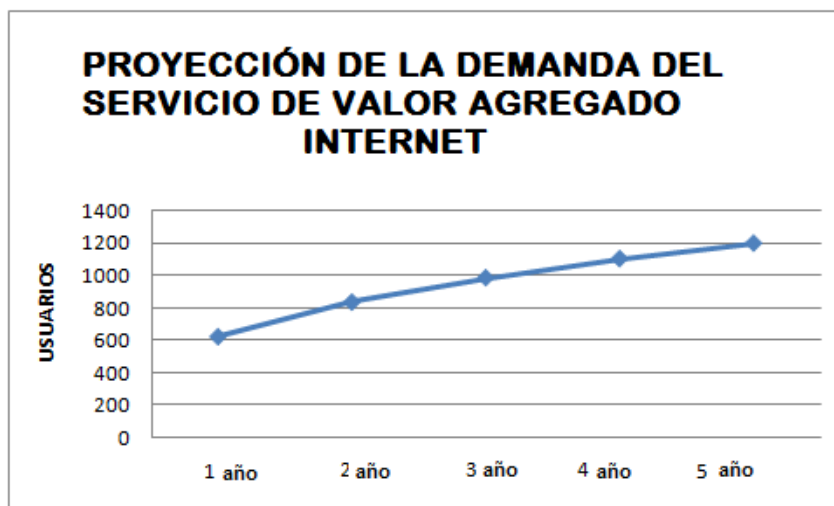


Figura 2.32: Proyección de la demanda de servicios de Valor Agregado Internet a 5 años.

1er AÑO	2do AÑO	3er AÑO	4to AÑO	5to AÑO
54	99	126	153	167

Tabla 2.17: Proyección de la demanda a 5 años

2.4.5.4 Proyección de la demanda para un plan de acceso a Internet y televisión por cable.

Como se menciona en el capítulo anterior se comercializará un plan para clientes que únicamente desean dos de los servicios del paquete *Triple Play* que son: TV cable y acceso a Internet. De acuerdo a las encuestas y

realizando un cruce de variables entre los clientes que cuentan con estos servicios, aquellos clientes que no están satisfechos con sus actuales proveedores y que están dispuestos a cambiar de proveedor se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 2.18:

Residencial:	43
Comercial:	9
Educativo:	20
TOTAL:	72

Tabla 2.18: Posibles Usuarios del servicio de valor agregado Internet.

Debido a que la Superintendencia de Telecomunicaciones no tiene datos históricos del crecimiento de clientes que cuenten con estos dos servicios como un paquete, se consideró para la proyección la ecuación del crecimiento del valor agregado Internet que se muestra en la figura 2.33 y los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2.19:

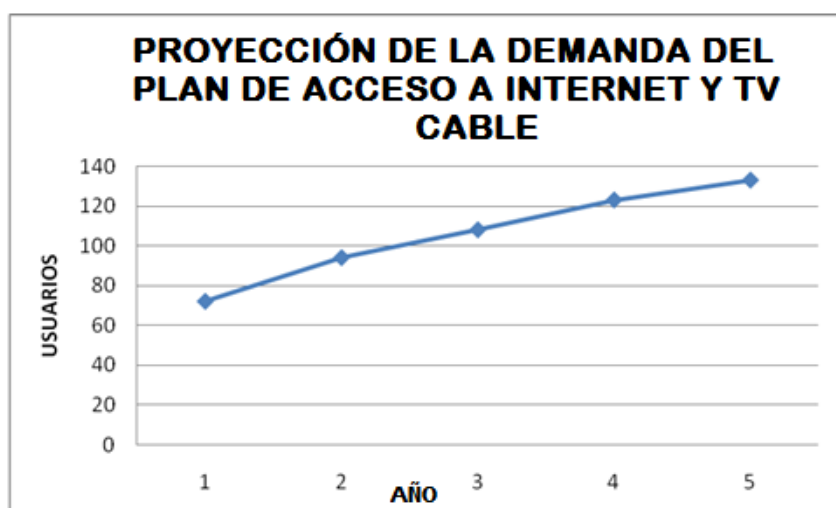


Figura 2.33: Proyección de la demanda del plan de acceso a Internet y TV por cable a 5 años.

1er AÑO	2do AÑO	3er AÑO	4to AÑO	5to AÑO
72	94	108	123	133

Tabla 2.19: Proyección de la demanda a 5 años

2.4.5.5 Proyección de la demanda del paquete *TRIPLE PLAY*.

Al igual que con los planes anteriores, no existen datos históricos sobre el número de abonados de este paquete, se hace uso de la ecuación de la proyección de la demanda del servicio de valor agregado Internet en la provincia de Imbabura, a partir de la cual se obtiene la curva respectiva mostrada en la figura 2.34 y los resultados sobre el número de clientes se detallan en la tabla 2.20:

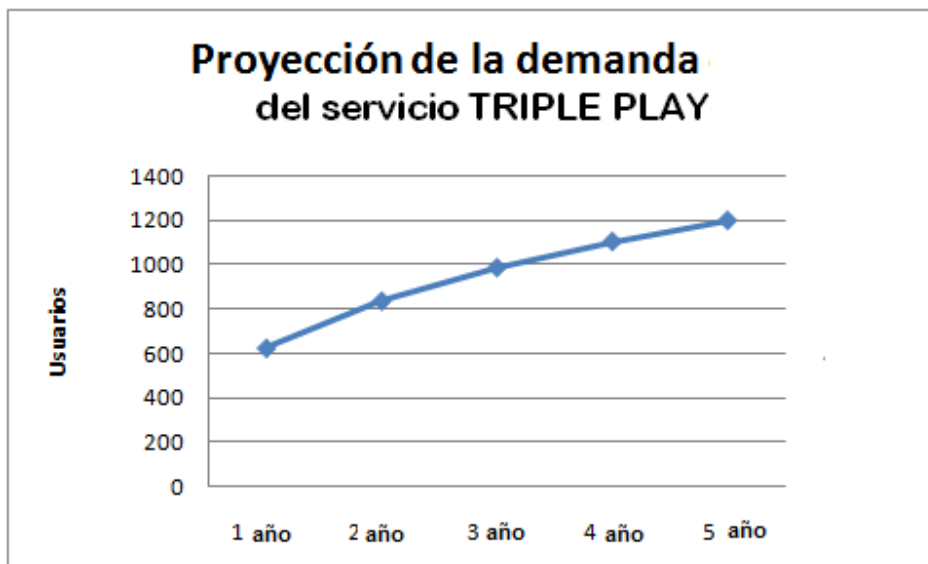


Figura 2.34: Proyección de la demanda del servicio *TRIPLE PLAY* a 5 años

1er AÑO	2do AÑO	3er AÑO	4to AÑO	5to AÑO
623	835	985	1102	1197

Tabla 2.20: Proyección de la demanda a 5 años del servicio *TRIPLE PLAY*.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

3.1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Ibarra es la capital de la Provincia de los lagos Imbabura con mayor extensión de terreno de la provincia, tiene 1162,22 Km² y cuenta con una población de 157000 habitantes. Esta ciudad en los últimos años ha presentado un gran desarrollo comercial y turístico reflejado en la alta demanda de servicios de telecomunicaciones con mayores capacidades y menos limitaciones.

Este proyecto presenta el diseño de una red de acceso que permita a los proveedores de servicios ofrecer servicios *TRIPLE PLAY* mediante tecnologías *FTTX (Fiber To The x)*, que emplean fibra óptica para prestar una gran capacidad de transmisión a costos razonables.

La planificación y el dimensionamiento se establecieron de acuerdo a la proyección de usuarios potenciales presentada en el capítulo anterior, adicionalmente se consideró el menor costo, facilidad de instalación y expansión de la red. Los criterios de diseño propuestos se fundamentan en las recomendaciones y estándares de organismos internacionales que rigen el mercado de las telecomunicaciones a nivel mundial y en las leyes vigentes en el Ecuador para la construcción de redes de acceso. Se trató en lo posible de acercar la fibra al usuario dependiendo de sus necesidades específicas.

3.2 DISEÑO DE LA RED DE ACCESO [36]

El diseño de la red implica la toma de algunas decisiones clave con respecto a la arquitectura de red seleccionada ya que el objetivo es lograr una red eficiente que optimice los recursos, minimice los gastos de inversión y los gastos operativos permitiendo la recuperación del capital a corto plazo, logrando conjuntamente los mayores niveles de flexibilidad posibles. Así, respetando los objetivos propuestos en este proyecto se realiza el diseño de una red de acceso que cubrirá al sector central de la ciudad de Ibarra, a continuación se describe dicho diseño:

3.2.1 Selección del tipo de Red a utilizarse en el diseño

Las comunicaciones de banda ancha requieren de un equipamiento y la tecnología adecuados para ofrecer los servicios de voz, datos y video. La fibra óptica tiene gran capacidad de ancho de banda, el mismo que se halla limitado por los equipos a los que se conecta, y, está comprobado que una arquitectura de red con fibra óptica se convierte en una red más confiable, por lo que se utilizará una red óptica en el presente diseño.

Dentro de las posibles soluciones en cuanto a arquitecturas de fibra óptica, se tienen las soluciones FTTX, que describen arquitecturas de redes de transmisión de alto desempeño basadas en tecnología óptica que varían de acuerdo al alcance de la fibra y la proximidad al usuario final; así se pueden apreciar distintas arquitecturas FTTX:

- FTTE_x (*Fiber To The Exchange*), fibra hasta la central. La fibra termina cerca de la OLT y la longitud del tramo de cobre es menor a 5Km. Se caracteriza porque el número de abonados que comparten una ONU

oscila entre de 64 a 128. Las capacidades típicas son de 1.5 a 6 Mbps en el canal ascendente y de 64 a 640 Kbps en el canal descendente.

- FTTCAb (*Fiber To The Cabinet*), fibra hasta el armario de distribución. En este caso la fibra llega hasta el armario de distribución ubicado por lo general en puntos estratégicos con para cubrir una zona, de aquí el tramo de cobre no tiene una longitud mayor de 1.5 Km, el número de abonados que comparten una ONU es por lo general 128. Las capacidades típicas son 25 Mbps en el canal ascendente y 2 Mbps en el canal descendente.
- FTTC (*Fiber To The Curb*), fibra hasta la manzana. Trata de compartir el la ONU y el tendido de fibra con varios abonados ubicados en una misma manzana. La parte de cobre tiene una longitud menor a los 500m. El número de usuarios que comparten una ONU oscila entre 16 y 32. Las capacidades típicas son de 25 a 52 Mbps en el canal ascendente y de 2.6 Mbps en el canal descendente.
- .
- FTTB (*Fiber To The Building*), fibra hasta el edificio. Se trata de llegar con fibra hasta el interior de un edificio residencial o de negocios. Existe una única ONU para todo el edificio típicamente la comparten entre 8 a 16 usuarios, la parte de cobre restante es menor a 500m.
- FTTH (*Fiber To The Home*), fibra hasta el hogar. Se trata de llegar con fibra hasta el abonado, es decir, directamente desde la OLT a la ONU que se encuentra en el domicilio del abonado. Es la alternativa más directa puesto que no emplea segmentos de cable de cobre, pero es la más costosa de implementar y el usuario final no comparte la ONU, cabe destacar que se requiere de una transmisión completamente óptica tanto en sentido ascendente como en sentido descendente.

Desde el punto de vista del operador tiene el inconveniente de que requiere una fuerte inversión en obra civil.

El objetivo de las arquitecturas FTTX es llevar la fibra lo más cerca del suscriptor y así disminuir el uso de elementos activos. Esto hace que FTTX sea una opción viable para este proyecto.

Teniendo en consideración los resultados de las encuestas presentados en el capítulo dos se aprecia que las arquitecturas más eficientes en el proceso de diseño serán: FTTb para los clientes comerciales y educativos y FTTc para usuarios residenciales, básicamente porque la penetración de servicios de banda ancha en el sector elegido de la ciudad de Ibarra es aún muy bajo por lo que no es necesario llegar con fibra hasta el usuario final, adicionalmente, la selección de estas arquitecturas se reflejara en un menor costo del servicio, puesto que el valor de la ONU será compartido por varios usuarios lo que de cierta forma favorecerá la aceptación del servicio. Como se mencionó anteriormente para estas tecnologías el tendido de cobre no será mayor a 500m, por lo que no se presentarán mayores pérdidas.

Para el despliegue de una red FTTx se pueden considerar principalmente dos opciones: **Punto a Punto (PtP o P2P)**, donde la red de distribución se implementa mediante equipos activos como *switches Ethernet* , o, una **Red Óptica Pasiva (PON)**, que permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos conocidos como divisores ópticos o *splitters*.

De las opciones presentadas, para el diseño se utilizarán redes ópticas pasivas PON descritas en el capítulo 1, la principal ventaja de este tipo de redes es que solo se necesitan equipos activos en los extremos, por consiguiente son más sencillas, son menos sujetas a fallas y su costo de

mantenimiento es relativamente bajo, además se pueden resaltar las siguientes ventajas acerca de las redes ópticas pasivas:

- Ofrecen mayor ancho de banda para el usuario.
- Mayor cobertura en comparación con otros tipos de redes como por ejemplo las del tipo xDSL que pueden cubrir una distancia de hasta 300m para garantizar una alta tasa de transmisión, una red óptica pasiva puede cubrir una distancia de hasta 20 km a grandes velocidades.
- Mejor calidad de servicio y simplificación de la red gracias a la inmunidad a los ruidos electromagnéticos.
- Minimización del despliegue de la fibra.
- La utilización de arquitecturas pasivas permite reducir los costos de las mismas.

3.2.2 Selección de la tecnología PON adecuada

Las redes ópticas pasivas presentan algunas variantes como: APON (*ATM Passive Optical Network*), EPON (*Gigabit Ethernet Passive Optical Network*), GPON (*Gigabit Passive Optical Network*), EPON (Ethernet PON), etc.

De las variantes mencionadas y descritas en el capítulo 1, se podrían utilizar dos debido a que ofrecen la transmisión de servicios de banda ancha y ofrecen calidad en la transmisión de estas señales y en cuanto a distancias son adecuadas para entornos metropolitanos: EPON Y GPON, a continuación en la tabla 3.1 se describen características adicionales de estas tecnologías, los que nos presenta un panorama comparativo para la selección de la tecnología a implementar:

Características	EPON	GPON
Tasa de bits (Mbps)	<i>down</i> : 1.250 <i>up</i> : 1.250	<i>down</i> : 2.488, 1.244 <i>up</i> : 2.488, 1.244, 622, 155
Codificación de línea	8b/10b	NRZ (+ <i>scrambling</i>)
Ratio de división máximo	1:32	1:128 (1:64 en la práctica)
Alcance máximo	20 km	60 km (con 20 km de distancia entre ONTs)
Estándares	IEEE 802.3ah	Serie ITU-T G.984.x
Soporte TDM	TDM sobre paquetes	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes
Soporte vídeo RF	No	Sí
Eficiencia típica (depende del servicio)	61% <i>upstream</i> 73% <i>downstream</i>	93% <i>downstream</i> 94% <i>upstream</i>
OAM	Ethernet OAM (+SNMP opcional)	PLOAM+OMCI
<i>downstream</i>	No definida	AES

Tabla 3.1: Comparativa entre BPON y GPON [36]

En base a la tabla anterior, se decide emplear una red GPON, descrita más detalladamente en el capítulo 1, principalmente por los siguientes aspectos:

- GPON ofrece mejores capacidades de transmisión tanto en el canal *up* como en el *down* puesto que usa un método de codificación que no sobrecarga de bits adicionales.
- Admite un nivel de división mayor que el resto de tecnologías PON. El que se emplea en la práctica y se lo considerara en el presente proyecto es de 1:64, básicamente por las características que presentan las ONUs que se detallaran más adelante.

- De acuerdo al estudio del territorio del sector seleccionado cumple con la especificación de distancia de GPON que indica como recomendación de 20 km.
- El método de encapsulación que emplea GPON es GEM (*GPON Encapsulation Method*) que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 ms. GEM se basa en el estándar GFP (*Generic Framing Procedure*) del ITU-T G.7041, con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON.
- El método de encapsulación que emplea GPON es GEM (*GPON Encapsulation Method*) que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 ms. GEM se basa en el estándar GFP (*Generic Framing Procedure*) del ITU-T G.7041, con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON.
- Eficiencia del 93% dependiendo del tipos de servicios³⁴.
- GPON permite el transporte de señales video tanto RF como IP, lo que a futuro permitiría incrementar el servicio IPTv, algo que las tecnologías antecesoras no lo permiten.
- GPON provee un mecanismo de corrección de errores por FEC.
- Esta tecnología permite trabajar con FTTX y xDSL. Provee un mecanismo de seguridad en Downstream por medio de AES, que es un mecanismo de cifrado mediante un p-seudocódigo que calculan el valor de una llave.
- GPON implementa capacidades de OAM (*Operation Administration and Maintenance*) avanzadas, ofreciendo una potente gestión del servicio extremo a extremo. Entre otras funcionalidades incorporadas cabe

³⁴ ESTUDIO COMPARATIVO DE REDES GPON Y EPON. Scientia et Technica Año XV, No 41, Mayo de 2009. Universidad Tecnológica de Pereira.

destacar: monitorización de la tasa de error, alarmas y eventos, descubrimiento y *ranging* automático, etc.

Estas características se encuentran más detalladas en las siguientes recomendaciones de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones):

UIT-T G.984.1: Ofrece una introducción del estándar GPON ,presentando las características generales del funcionamiento y constitución, muestra la topología utilizada.

UIT-T G.984.2: Es un conjunto de especificaciones para el manejo de la capa dependiente del medio físico PMD (*Physical Media Dependent*), aquí se especifican las velocidades nominales tanto para los canales ascendentes como descendentes.

UIT-T G.984.3: Denominada como la especificación de la capa de convergencia de transmisión TC (*Transmisión Converge*), expone los formatos de la trama, el método de acceso y la seguridad en red GPON. Los parámetros que se ofrecen en esta recomendación sirven para aclarar la interoperabilidad de la capa convergencia y dependiente del medio físico.

UIT-T G.984.4: especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de la red óptica ONT, donde el análisis se enfoca en los recursos y servicios procesados de una base de información de gestión y manejo. En general permite conocer como se realiza la administración de los diferentes servicios y sus tramas. Según sus relaciones y atributos dentro del complejo sistema de encriptación.

UIT-T G.984.5: Esta recomendación siguiere los rangos de bandas y longitudes de onda que se reservan para el futuro, para la implementación de señales de nuevos servicios con el uso de la técnica de multiplexación WDM.

3.2.3 División del Sector Seleccionado

Al sector central de la ciudad de Ibarra seleccionado para el diseño de la red de acceso (mostrado en el anexo 1), se dividió por facilidad de diseño y de administración de la red en cuatro zonas. Cada una de estas zonas tiene aproximadamente un número similar de lotes de tal manera de realizar un diseño que se pueda aplicar simultáneamente a las cuatro zonas. En la figura 3.1 se muestra la división de este territorio.

3.2.4 Ubicación de la OLT

Como se muestra en la figura en la figura 3.2 se presentan varias posibilidades de ubicar a la OLT, cada una de las cuales presenta ventajas y desventajas, así:

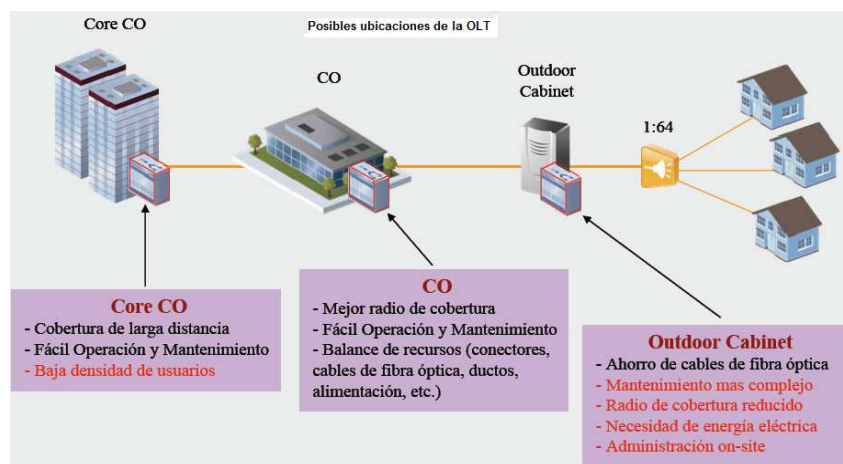


Figura 3.2: Posibles Ubicaciones de la OLT [36]

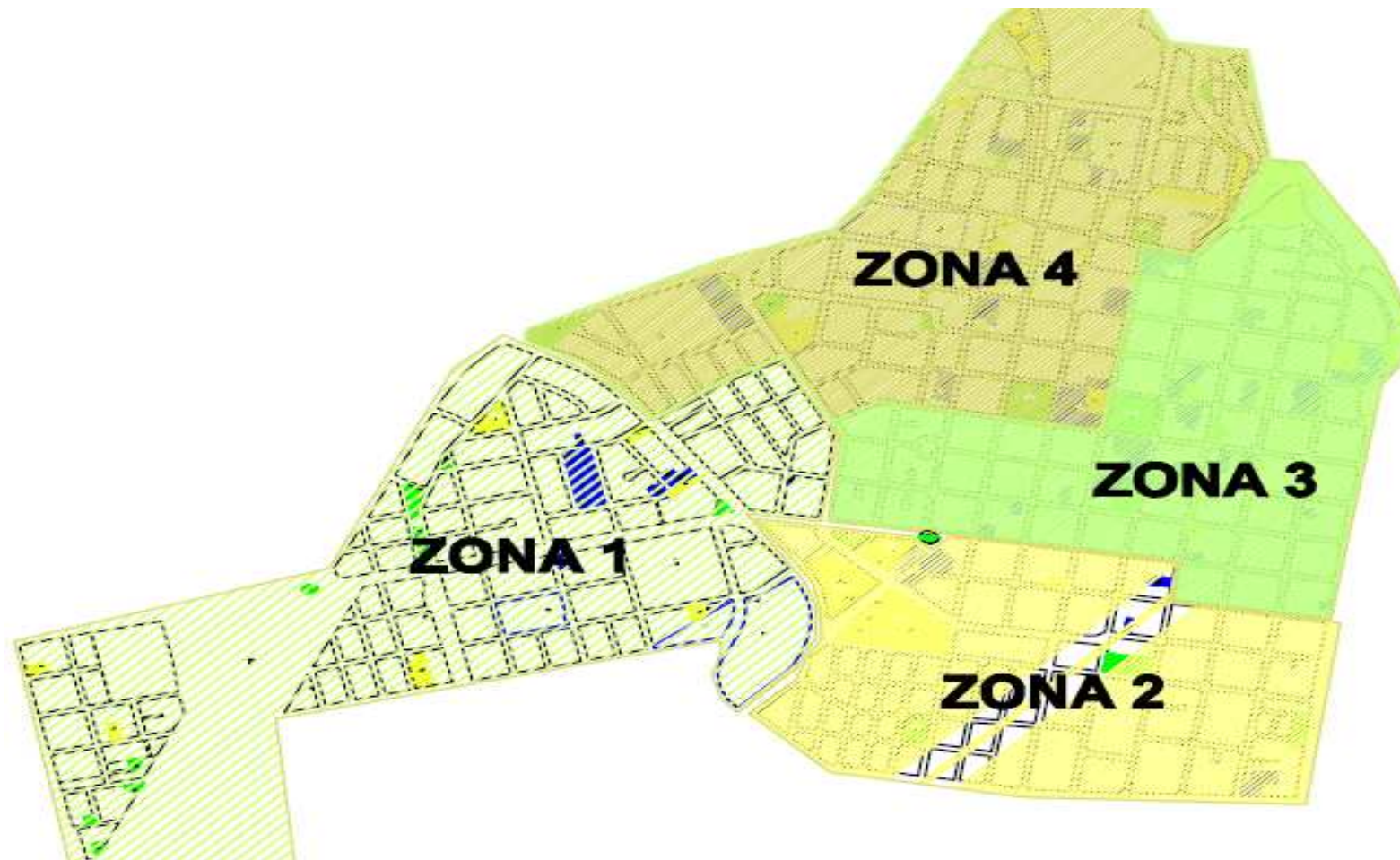


Figura 3.1: División del sector seleccionado para el diseño en 4 zonas. [26]

En el diseño se ubicará a la OLT en la CO (*Central Office*), debido a que permite un mejor radio de cobertura, adicionalmente se facilitan y reducen los costos en la operación y mantenimiento. La ubicación geográfica de la OLT estará en la Av. José Antonio Sucre y Grijalva junto al edificio de CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones) al que se le arrendará un espacio y conexión, cuya capacidad se calcula en el literal 3.2.7 de esta sección.

Para el diseño se seleccionará una solo OLT que cuente con las siguientes características:

- Un puerto Gigabit Ethernet para que se conecte a un nodo de acceso de la red IP/MPLS de la CNT en la tabla 2.6 se mencionó la ubicación y características de estos nodos. La forma de la conexión dependerá de la capacidad requerida y de las soluciones que nos ofrezca CNT, por lo que el puerto deberá ser óptico en caso de que nos permitan conectarnos al nodo por medio de fibra o se empleará conversores en caso de que el puerto sea eléctrico.
- Se empleara una única OLT con la estructura de estante y 8 tarjetas GPON que soporten hasta 64 ONU`s y aseguren una distancia de transmisión de 20 kilómetros bajo alta anchura de banda. Cuatro de las tarjetas GPON se conectaran mediante un cable de fibra óptica a los *splitters* ubicados de manera estratégica en cada una de las zonas, los restantes se les tendrá como back up encaso de fallas. Cabe mencionar que la ruta de la fibra se tenderá por una ruta alterna.
- Una tarjeta de administración que permita configurar a los clientes dependiendo del plan que contraten y que permita el monitoreo de consumo para posterior facturación. Adicionalmente debe contar con un software de monitoreo con alarma que me indique desconexión de la fibra o problemas de energía.

- Tarjeta de alimentación a 120V.
- Una de las características que debe tener este equipo, es trabajar con WDM ya que GPON opera en las siguientes frecuencias que le permiten ofrecer los servicios *Triple Play*:

1310nm para voz y datos, en conexión ascendente, del cliente a la central.

1490nm para voz y datos, descendente, de la central al cliente.

1550nm para video de RF, en conexión descendente.

- La OLT será responsable de la asignación del ancho de banda a cada uno de los usuarios de acuerdo con los contratos comerciales. Para que los recursos de la red sean empleados eficientemente, la OLT debe implementar un método para asignar el ancho de banda dinámicamente, respondiendo a los cambios en las demandas de tráfico en la red de acceso, esto se logra con un sistema de gestión adecuado, el mismo que almacena en un servidor la información de cada uno de los clientes de la red, este sistema debe tener la capacidad de, entre otras funciones, principalmente asignar los servicios de acuerdo con los planes adquiridos como monitorear su funcionamiento para detectar fallas y su ubicación exacta, permitiendo incluso la solución de problemas menores.
- Los servicios de voz, datos y video que serán contratados y llegarán a la OLT por medio de un cable de fibra u cobre de acuerdo a lo asignado por parte de la CNT y serán separados a través de VLAN's, lo que implica que se asignarán direcciones IP de forma dinámica a los equipos finales, inicialmente se considera contratar a CNT para que los clientes sean autenticados en su Brass y asignados IP.

3.2.5 Selección del tipo de fibra

Para determinar el tipo de fibra adecuado, se realizará un análisis de las opciones que se presentan para satisfacer las necesidades de un enlace.

En cuanto a la composición del cable de fibra, hay tres posibilidades:

- Núcleo de plástico y cubierta plástica
- Núcleo de vidrio con cubierta de plástico
- Núcleo de vidrio y cubierta de vidrio

Un cable de fibra de núcleo de vidrio con cubierta de vidrio por su buen desempeño en redes de largas distancias y su resistencia para tendidos aéreos a la intemperie. Una descripción ampliada sobre la fibra óptica se encuentra en el anexo 4, verificar catálogo en anexo 8.

Por su construcción básica un cable de fibra óptica puede ser:

- De estructura holgada, que consta de tubos que llevan varios hilos de fibra que descansan holgadamente en él, estos tubos pueden ser huecos aunque generalmente están llenos de un gel. Es un tipo de cable adecuado para tendidos aéreos.
- De estructura ajustada, que tiene un elemento central de tracción que hace que la fibra permanezca ajustada. Generalmente se lo utiliza en instalaciones interiores y tendidos verticales.

Se utilizará un cable de fibra de estructura holgada, que tiene mayores seguridades en cuanto al tendido y mantenimiento de la fibra, es más sensible al movimiento debido a las protecciones que tiene (gel) y tiene un radio de curvatura mayor que un cable de estructura ajustada.

Para el tendido de cable de fibra óptica se tienen dos opciones principales:

- Canales subterráneos: a través de ductos los cuales deben ser construidos a lo largo de todo el trayecto que recorrerá la fibra.
- Tendido aéreo: a través de postes.

El tendido subterráneo de la fibra implica una serie de complicaciones como la construcción de los ductos en todo o gran parte del recorrido de la fibra, además de los requisitos previos para la construcción como pueden ser permisos de acceso, construcción y los costos adicionales que surgen de esta actividad sin olvidar los inconvenientes de tipo geográfico que pueden aumentar la complejidad en la construcción de las rutas de ductería (ríos, quebradas, etc.).

Al utilizar estructuras que permitan el tendido aéreo de la fibra, se tiene la ventaja de la existencia de postes a lo largo del recorrido del cable, para el caso de este proyecto, la opción más factible es el uso de los postes de hormigón de propiedad de la empresa eléctrica, lo que hace que al utilizar este tipo de tendido, la instalación sea más sencilla, facilite además las tareas de mantenimiento y permita una rápida detección de fallas en el cable, lo que se deriva en un tendido menos costoso que el anterior, razones por las que se utilizará el tendido aéreo para el diseño de la red de acceso.

Existen básicamente tres tipos de cables de fibra óptica aptos para el tendido aéreo:

1. **OPGW (*Optical Power Ground Wire*)**: Este tipo de cable nace principalmente por la digitalización y automatización de los procesos en las centrales eléctricas lo que hizo necesario la implementación d un medio de transmisión que soporte grandes capacidades de transmisión y no presente pérdidas o interferencias con las corriente eléctricas

inducidas. Es un cable de tierra que tiene fibras ópticas insertadas dentro de un tubo en el núcleo central del cable. Las fibras ópticas están completamente protegidas y rodeadas por pesados cables a tierra. En la figura 3.3 se muestra un esquema de los componentes y una breve explicación de la función de cada uno de ellos.

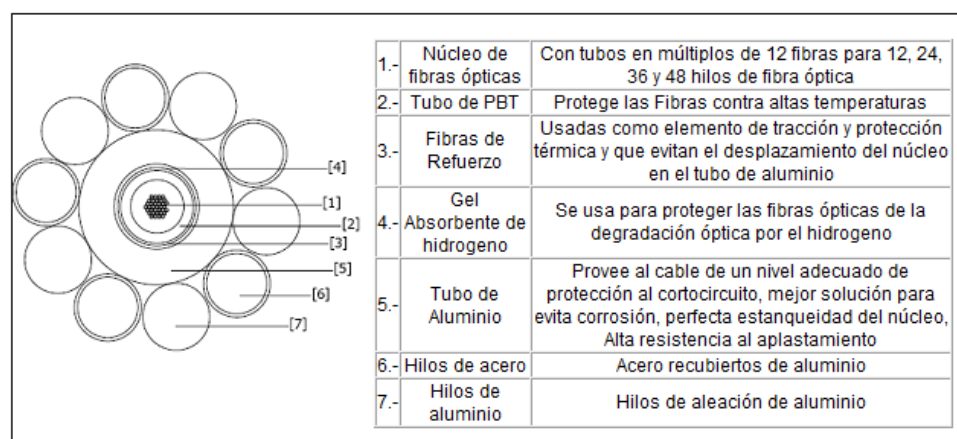


Figura 3.3: Estructura de los cables OPGW (*Optical Power Ground Wire*)

Las características de este tipo de cable aconsejan tratarlo en dos partes perfectamente diferenciadas atendiendo a las funciones que tiene asignadas. Los elementos relacionados con los números al núcleo óptico y los elementos que corresponden a la parte metálica destinada a garantizar las prestaciones de tipo mecánico y eléctrico. Cumple con la norma G.655 de la UIT-T y otras normas.

Se recomienda su utilización cuando se trate de una línea eléctrica nueva, dado que la diferencia de valor con un hilo de guardia convencional radica solamente en el costo diferencial de la provisión del material. Se aconseja como reemplazo del hilo de guardia existente, cuando deban preverse cortes de línea de cierto lapso de tiempo, o se prevean grados de dificultad en las obras que hagan útil la

independencia de las comunicaciones, teleprotección y otros.

Tanto en el caso de reemplazar el hilo de guardia existente por un OPGW, así como en el caso de instalar uno nuevo, debe analizarse el efecto sobre las estructuras soporte de la línea, dadas las diferencias de peso, tiro y efectos agregados que trae aparejadas (situación ésta que no es crítica en un hilo de guardia tradicional).

Se recomienda tener en cuenta:

- Nuevas tensiones de tiro axial.
- Nuevos esfuerzos sobre torres.
- Vibraciones por efecto del viento.
- Mayor carga por hielo.
- Vibraciones por deshielo.

El tendido y flechado de un cable de OPWG debe requerir cuidado para reducir al máximo los efectos negativos de:

- La torsión en el cable y en las fibras.
- El doblado del cable.
- La compresión y la tracción.
- La pérdida de estanqueidad durante el proceso de instalación.

Deben fijarse mayores exigencias para la amortiguación de vibraciones, pues el cable de fibra óptica es mucho más sensible a las consecuencias de las vibraciones por las micro curvaturas que sufren las fibras durante las oscilaciones. Deberá efectuarse un modelado y estudio de las vibraciones para limitar los valores máximos y fijar las condiciones de amortiguación y mantener protegida las condiciones de trabajo de las fibras.

2. ADSS (*All-Dielectric Self-Supported*): Cable Auto Soportado Completamente Dieléctrico, inmune a las interferencias electromagnéticas, adecuado para distancias medias y largas es considerablemente más barato que el cable OPGW, satisface los requerimientos G.652 y G.655 de la UIT-T. Este tipo de cable puede ser instalado en enlaces que cuenten con vanos menores a 600 metros, para distancias mayores del vano, el cable debería ser suspendido en un tensor de acero o por medio de grapas.

Es aconsejable colocar los cables con FO en la posición más alta del poste ya que soportará así mejor la posterior instalación de otros cables. Los postes pueden estar arriostrados para minimizar el movimiento del cable y evitar desplazamientos. El viento y la nieve incrementan temporal y substancialmente la carga sobre el cable. Debe soportar las variaciones ambientales y la instalación, así como las derivadas del transporte de los carretes.

3. Figura en 8: Cable de estructura holgada al cual se encuentra adosado un cable guía que generalmente es de acero y constituye un cable fiador que le proporciona al cable una alta capacidad para soportar fuerzas externas que se presentan en el tendido aéreo. El diámetro de este tipo de cable es mayor, debido a que tanto el cable guía como el cable óptico se encuentran separados, dando así la apariencia de un 8. Este cable también soporta las recomendaciones G.652 y G.655 de la UIT-T y es recomendable para el tendido aéreo que presenta vanos largos. Entre las características de este tipo de cable Figura "8" presenta la mayor área en su sección transversal, por lo que el elemento de apoyo externo y el cable óptico está físicamente separadas por una franja de polietileno que aumenta el diámetro del cable.

3.2.5.1 Comparación entre los diferentes tipos de cables para tendido aéreo

Para determinar el tipo de cable aéreo que se va a emplear, se hace una comparación entre las distintas posibilidades que se describieron en el ítem anterior, la tabla 3.2 muestra las características observadas para la selección:

Característica	ADSS	OPGW	Figura en 8
Confiabilidad	Alta	Alta	Alta
Instalación en sistema nuevo	Simple	Simple	Simple
Instalación sobre sistema existente	Simple	Complejo	Simple
Mantenimiento	Fácil	Difícil	Fácil
Costo del cable	Bajo	Alto	Medio
Costo de instalación	Bajo	Alto	Bajo
Costo total del sistema	Bajo	Alto	Medio
Acceso a fibras ópticas	Fácil	Difícil	Fácil

Tabla 3.2: Comparación entre los cables aptos para tendido aéreo [46]

De acuerdo con el análisis anterior, y las características de cada tipo de fibra de tendido aéreo, se decide trabajar con fibra de tipo ADSS principalmente porque: se cuenta con los postes de la empresa eléctrica que podrían servir para el tendido de la fibra, y de acuerdo con la tabla 3.2, este tipo de cable presentará un menor costo tanto del cable como en la instalación en comparación con el cable OPGW y dado que la distancia entre los postes será menor a 600m no es necesario un cable del tipo figura en 8.

Para un tendido aéreo de fibra se requieren sostener el cable por medio de herrajes de suspensión y herrajes de retención, los que se colocarán en cada uno de los postes. Los herrajes de suspensión (ver figura 3.3) se colocan cuando se tiene un trayecto recto, tiene la función de sujetar firmemente la fibra sin dañarla, tiene movimiento lateral para evitar daños al cable; mientras que para un trayecto irregular se colocarán herrajes de retención mostrados en la figura 3.4. El herraje de tensión sirve para tensar la fibra a determinada cantidad de postes para igualar la tensión del cable además de cumplir la función de dar las vueltas en subidas y bajadas del cable de fibra óptica.



Figura 3.4: Herrajes de suspensión [21]



Figura 3.5: Herrajes de retención [21]

De acuerdo con la tecnología utilizada, GPON, se deberá utilizar un cable de fibra monomodo, adecuado principalmente para largas distancias y altas tasas de transmisión, en el anexo 4 se describen los tipos de fibra monomodo de acuerdo con la Unión Internacional de Telecomunicaciones en el sector de normalización, así existen fibras de acuerdo con la norma G.652 (Estándar), G.653(Dispersión Desplazada), G.654 (Mínima Atenuación), G.655 (Dispersión Desplazada no nula) y G.657 (Insensible a curvaturas), dos de ellas son adecuadas para tendidos aéreos:

a) G.652 (Standar Single-Mode Fiber)

Fibra óptica normalizada, que es factible de usarse en 1300nm y 1550nm, esta fibra está optimizada para el cero de dispersión en 1300nm.

Es el cable más popular en redes de telecomunicaciones, adecuada en aplicaciones de redes metropolitanas, de acceso, cableados estructurados y CATV.

Subcategorías de la recomendación G.652

G.652.A: Contiene los atributos y valores recomendados necesarios para soportar sistemas de hasta STM-16, así como 10 Gbps hasta 40 km (Ethernet) y STM-256.

G.652.B: Contiene los atributos y valores recomendados que son necesarios para soportar aplicaciones de mayor velocidad binaria, hasta STM-64, y STM-256.

G.652.C: Semejante a G.652.A, pero permite transmisiones en partes de una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.

G.652.D: Semejante G.652.B, pero permite transmisiones en partes de una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.

b) G.655 (Non Zero Dispersión-Shifted Fiber)

Fibras ópticas monomodo de dispersión desplazada no nula, estas fibras están pensadas para transmitir en tercera ventana con bajos valores de dispersión, entre 1530nm y 1565 nm, aunque se ha previsto que puedan soportar transmisiones en longitudes de onda mayores de 1625 y menores de 1460 nm.

Diseñadas para el transporte a alta tasa de transmisión sobre múltiples canales. Adecuadas para largas distancias en telecomunicaciones.

Subcategorías de la recomendación G.655

G.655.A: Contiene los atributos y valores recomendados necesarios para soportar aplicaciones tales como las G.691, G.692, G.693 y G.959.1. Respecto a G.692, la separación mínima entre canales es de 200 GHz.

G.655.B: Similar a G.655.A pero, respecto a G.692, con separación mínima entre canales de 100 GHz.

G.655.C: mantiene la especificación original "en tipo de caja" para el coeficiente de dispersión, el cual permite una referencia a las fibras con dispersión negativa que puedan adecuarse como parte de los enlaces de gestión de la dispersión, como los usados en sistemas submarinos. Comprende los nuevos tipos de fibra que cumplen con los requerimientos de PMD y de banda extendida al aumentar el valor absoluto máximo del coeficiente de dispersión cromática a 10 [ps/km·nm], pero con una diferencia máxima entre el valor mínimo y el máximo dentro de la banda en valor absoluto de 5 [ps/km·nm]. Esto significa que la norma limita el valor de la pendiente de dispersión de la fibra.

G.655.D: define los requisitos del coeficiente de dispersión cromática como un par de curvas limitantes en función de la longitud de onda para valores de ésta comprendidos entre 1460 nm y 1625 nm.

G.655.E: Similar a G.655.D, pero con valores más elevados que pueden ser importantes para algunos sistemas, por ejemplo para aquellos que presentan las menores separaciones de canal.

Como se puede observar, las fibras que cumplen con la norma G.655 presentan mejores condiciones de trabajo en redes que demandan gran ancho de banda y grandes distancias lo que se deriva en un mayor costo de

despliegue de la fibra, en comparación con las fibras que cumplen la norma G.652. Para el diseño de la red de acceso no se han contemplado distancias relativamente grandes y dado que, la fibra de acuerdo con la recomendación G.652 puede cumplir con los requerimientos de velocidad necesarios en la red, resulta suficiente el uso de este tipo de fibra.

La recomendación G.652 describe 4 subcategorías , de ellas la más utilizada es la G.652D, conocida también como ZWP (*Zero Water Peak*) o pico de agua cero, ya debido a procesos de fabricación que eliminan toda posible fuente de agua, los picos de atenuación a causa de los iones hidróxilo se eliminan casi en su totalidad. En el mercado se tienen diferentes fabricantes de este tipo de fibras:

- Andean Trade
- Expertatel
- Furukawa
- Global Electric
- Hentel
- OFS All Wave
- Telnet

La fibra ofrecida por parte de la empresa Telnet (www.telnet-ir.es) presenta características aceptables para su uso en tecnologías FTTX, razón por la que en el anexo 4 se muestran las principales prestaciones de esta fibra .En la tabla 3.3 se muestra un resumen de las características de este tipo de fibra:

Parámetro			
Atenuación en función de la Longitud de Onda	Referencia λ (nm)	Atenuación (dB/KM)	
	1310	$\leq 0,37$	
	1383	$\leq 0,37$	
	1550	$\leq 0,24$	
	1625	$\leq 0,23$	
Longitud de onda de corte	≤ 1260 nm		
Punto de dispersión cero	1300-1324 nm		
Atenuación inducida por macrocurvatura		Longitud de Onda	Atenuación Inducida
	1 vuelta, sobre 32 mm	1550 nm	$\leq 0,50$ dB
	100 vueltas, sobre 50 mm	1310 nm	$\leq 0,05$ dB
		1550 nm	$\leq 0,10$ dB
	100 vueltas, sobre 60 mm	1625 nm	$\leq 0,50$ dB
Dispersión Cromática	En 1550nm		$\leq 18,0$ ps/nm.Km
	en 1625 nm		$\leq 22,0$ ps/nm.Km
Diámetro del Campo Modal	A 1310 nm		$9,20 \pm 0,40$ μ m
	A 1550 nm		$10,40 \pm 0,50$ μ m

Tabla 3.3: Características de la fibra óptica G.652D elaborada por OFS Empresa Furukawa [Anexo 4]

Cabe señalar que si bien las distancias del sector que se piensa cubrir con este diseño no son críticas no se eligió las fibras que cumplen con las recomendaciones G.653 y G.654, porque a pesar de que permiten gran ancho de banda en redes de larga distancia no trabajan eficientemente en todas las ventanas, así la G.653 tiene el cero de dispersión cromática en 1540nm y G.654 en la ventana de 1550nm, es de aplicación limitada por su reducida performance en cuanto a la dispersión cromática y no es aplicable para sistemas STM-16 a 2,5 Gbps, adicionalmente ninguna de las dos soporta DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*), que significa multiplexación *por división en longitudes de onda densas*. DWDM es una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica usando la banda C (1550 nm).

3.2.6 Selección y Ubicación de los *Splitters*

Con la finalidad de expandir la red de acceso, se emplearán *splitters* o divisores ópticos.

Un *splitter* permite la derivación de la señal óptica por dos o más fibras distintas. Están diseñados para introducir Pérdidas de Inserción aproximadamente iguales en todas sus ramas de salida, existen varias técnicas para la elaboración de los *splitters*:

- Fused bicónica Taper (FBT) y
- Planar Lightwave Circuit (PLC).

FBT es una tecnología antigua que está basada que presenta más pérdidas en comparación con la tecnología PLC aunque ambos pueden ser utilizados en redes PON. Que se caracteriza por estar formado de dos fibras fusionadas con una región específica acopladora, de rango de longitud de onda limitado.

Los splitter PLC (*Planar Lightwave Circuits*) están basados en ondas ópticas desarrolladas sobre un sustrato de sílice. El sustrato de sílice es un elemento que tiene muy buenas propiedades ópticas. Esta tecnología permite la construcción de los splitter de elevadas prestaciones ópticas, alta densidad de canales y bajo tamaño, por lo que serán considerados para el diseño de la red de acceso.

Cada splitter se suministra caracterizado con las medidas de Pérdida de Inserción (P.I.) y Pérdida de Retorno (PR) de cada una de sus ramas.

Dado que los splitters involucran una pérdida importante de potencia en relación con los restantes componentes de la red, el diseño de dicha red debe ser cuidadosamente balanceado entre: ramificación alta de fibras, distancias a los clientes, y las potencias manejadas por los equipos; de modo que satisfagan las especificaciones de los mismos.

Para la ubicación de los *splitters*, se tienen dos opciones:

- *Outdoor Cabinet*, en la que los *splitters* se colocan en armarios ubicados en sitios estratégicos, que presenta la ventaja de menores costos de despliegue y requiere un mantenimiento *on-site*.
- *Basement*, los *splitters* se colocan en cuartos de Telecomunicaciones o armarios existentes en las cercanías del usuario, por ejemplo, en un edificio. Presenta la ventaja del ahorro de cables de fibra óptica frente al uso ineficiente de puertos PON y el requisito de un mantenimiento *on-site*.

Para el diseño se ubicarán a los *splitters* en cabinas exteriores (*Outdoor Cabinet*) principalmente por la razón de que la expansión de la red se facilita colocando los splitters en puntos estratégicos, y no en lugares cerrados donde el uso de los puertos quedaría limitado a un reducido número de clientes.

En cuanto a los niveles de división se tienen dos alternativas:

- Splitter centralizado: el splitter se coloca en la central.
- Splitter en cascada: se puede emplear uno o más splitters que se colocan en armarios.

Una técnica de *splitter* centralizado permite un fácil mantenimiento, el uso eficiente de los puertos PON y hace más flexible el despliegue de la fibra aunque su costo es más elevado, ésta técnica no permite una expansión significativa de la red; en cambio la técnica de *splitters* en cascada, presenta menores costos de despliegue por abonado y es ideal para zonas con alta penetración de mercado. Principalmente por estas razones se utilizará la técnica de *splitters* en cascada.

Debido a que la OLT puede soportar hasta 64 ONUs, y que el sector central de la ciudad de Ibarra seleccionado ya fue dividido en cuatro zonas, se establecen dos niveles de división (*two-level splitting*), de esta forma se logra cubrir a más usuarios ubicados a distancias mayores y se cumple con esta característica de la OLT.

3.2.6.1 Ubicación de los splitters primarios [37]

En puntos estratégicos de cada una de las zonas se ubicará un armario en el que se conectará un splitter primario de 1:4. Este detalle implica que cada una de estas cuatro zonas, se divide a su vez en cuatro sectores más pequeños, contando con un total de 16 sitios estratégicos. Los armarios donde se colocarán los *splitters* en su mayoría deberán ser construidos ante la falta de este tipo de infraestructuras en la ciudad.

En la tabla 3.4 se detalla la ubicación de los armarios para el alojamiento de los equipos en cada zona y las distancias que la fibra deberá recorrer para llegar desde la OLT:

ZONA	UBICACIÓN ARMARIO	SPLITTER Primario	DISTANCIA OLT – Primario (m)
ZONA 1	Av. Fray Vacas Galindo y Joaquín Sandoval.	1/4	962.52
ZONA 2	Simón Bolívar y Cristóbal Colón.	1/4	788.34
ZONA 3	Miguel Oviedo y Maldonado (Plazoleta Abdón Calderón)	1/4	10
ZONA 4	Sánchez y Cifuentes y Grijalva	1/4	719.51

Tabla 3.4: Ubicación y distancias desde la OLT a los armarios de las 4 zonas.

En la figura 3.6 se puede apreciar la ubicación de los armarios de cada una de las cuatro zonas donde se colocaran los *splitters* principales y el tendido de fibra principal desde la central donde se encuentra la OLT que en coincide con el armario de la zona 4 y el tendido de la ruta alterna que servirá de back un que en caso de cortes o problemas del principal.

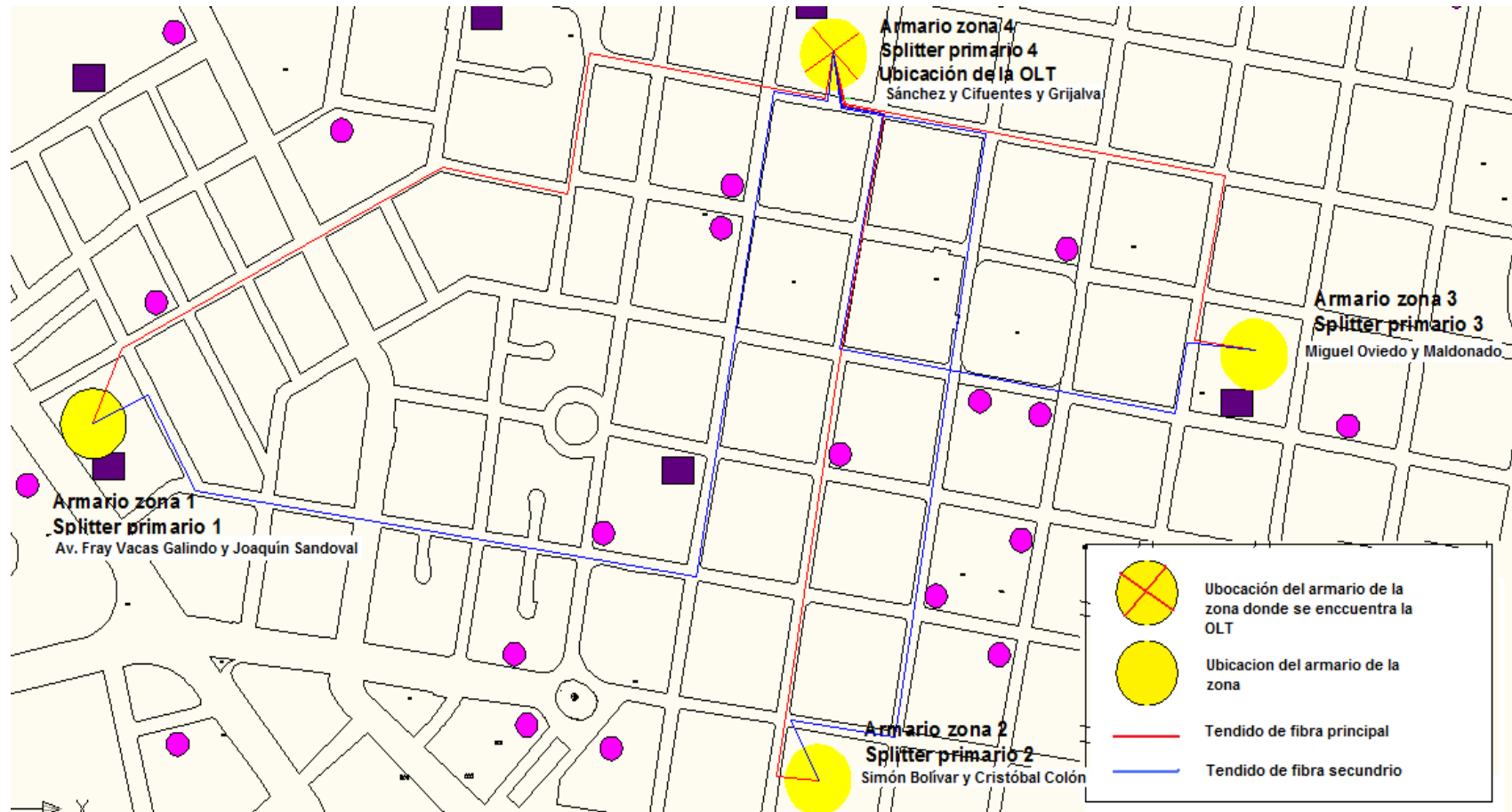


Figura 3.6: Ubicación de los armarios principales.

3.2.6.2 Ubicación de los *splitters* secundarios [37]

Se conectará un *splitter* secundario de 1x16 en cada uno de los 16 sectores finales. De los 16 accesos disponibles de cada *splitter*, sólo se utilizarán 8, los mismos que se distribuyen de la siguiente manera: 4 se conectarán a una ONU con capacidad de 64 usuarios y los 4 restantes serán empleados para ofrecer el servicio a clientes comerciales o educativos; la conexión a los diferentes armarios donde se ubicarán los *splitters* y hasta el cuarto de telecomunicaciones del cliente también se realizará mediante el tipo de fibra óptica escogida en el literal 3.2.5; de esta manera no se necesita equipo adicional para hacer el sangrado de la fibra³⁵.

La figura 37 muestra una aproximación del esquema del diseño.

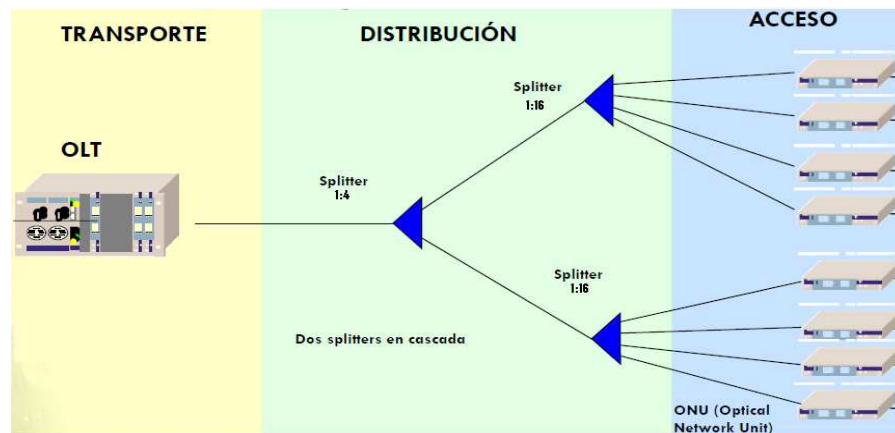


Figura 3.7: Esquema de diseño [36].

En la tabla 3.5 se indica la ubicación de los *splitters* secundarios y las distancias que deberá recorrer la fibra desde los *splitters* primarios y las áreas que cubren. En la figura 3.6 se muestra la división de las zonas en 16 sectores.

³⁵ **Sangrado de Fibra:** Término que representa la separación de algunos hilos de fibra de un cable con un gran número de hilos de fibra, se usarán dispositivos para extraer el hilo de fibra donde se requiera sin necesidad de cortar todo el cable de fibra.

ZONA	Sector	UBICACIÓN ARMARIO	Splitter	Distancia (m)
ZONA 1	1	Av. Fray Vacas Galindo y Joaquín Sandoval.	1x16	1410.88
	2	Alfonso Almeida y Cristóbal Gómez Jurado	1x16	596.38
	3	Juan Fco. Leoro y Venancio Jurado.	1x16	563.42
	4	Av. Fray Vacas Galindo y Joaquín Sandoval.	1x16	2
ZONA 2	6	Juan Fernando Vallejo y Rafael Larrea.	1x16	684.77
	7	Simón Bolívar y Cristóbal Colón.	1x16	2
	10	Rafael Larrea y Simón Bolívar.	1x16	466.63
	11	Obispo Mosquera y Rocafuerte	1x16	662.87
ZONA 3	8	Sánchez y Cifuentes y Miguel Oviedo.	1x16	602.04
	12	Velasco y Rocafuerte (Registro Civil)	1x16	352.63
	13	Miguel Oviedo y Maldonado (Plazoleta Abdón Calderón)	1x16	2
	15	Mejía y Rocafuerte	1x16	445.77
ZONA 4	5	Luis Gomezjurado y Venancio Gomezjurado.	1x16	845.05
	9	AV. Eloy Alfaro y Juan D. Navas	1x16	354.16
	14	Sánchez y Cifuentes y Grijalva	1x16	2
	16	Sánchez y Cifuentes y F. Villamar (Tribunal Provincial Electoral)	1x16	417.81

Tabla 3.5: Ubicación y distancias de los *splitter* secundarios

En la figura 3.8 se muestra un esquema de la ubicación de los módems y el tendido de fibra para desde la ubicación de los armarios secundarios ubicados de forma estratégica en cada una de los sectores hacia las ONUs de los centro educativos y comercios a los que se les ofrecerá el servicio mediante la arquitectura FTTb.

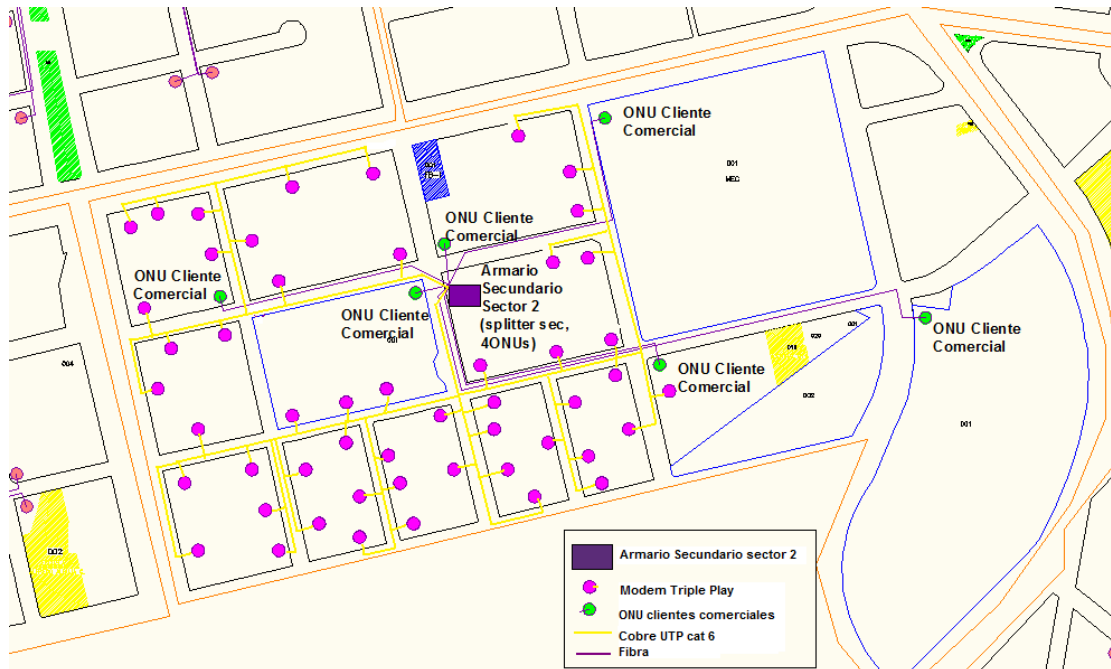


Figura 3.8: Esquema de diseño para cada sector.

3.2.7 Cálculo de la Capacidad de la red

Para el cálculo de la capacidad que se contratará al proveedor para la transmisión de los servicios *TRIPLE PLAY*, se tomarán en consideración los siguientes aspectos:

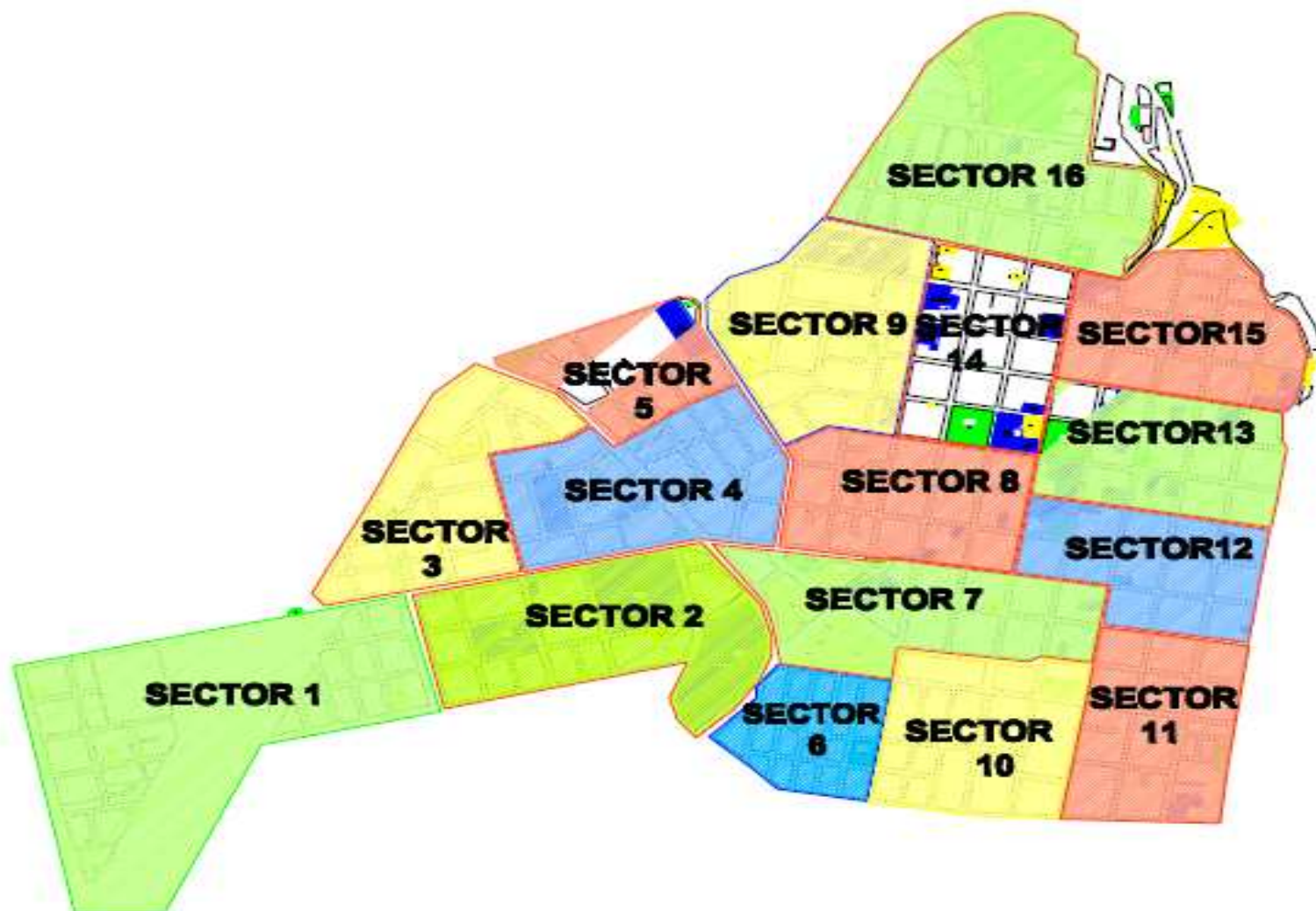


Figura 3.9: División de las zonas en 16 sectores. [26]

- Como se mencionó en el capítulo 1 y de acuerdo con datos obtenidos principalmente de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, en la tabla 3.6 se indica la capacidad mínima requerida por cada tipo de usuario para los servicios *TRIPLE PLAY*:

Servicio	Residencial	Comercial	Educativo
TV de alta definición	6 Mbps	9 Mbps	9 Mbps
Telefonía Fija	128 kbps	128 kbps	128 kbps
Internet Banda Ancha	1 Mbps	2 Mbps	2 Mbps
TOTAL	8 Mbps	12 Mbps	12 Mbps

Tabla 3.6: Capacidad asignada a cada usuario del servicio *TRIPLE PLAY*.

Así:

- Usuarios residenciales requieren un mínimo de 8 Mbps
 - Usuarios comerciales y educativos: 12 Mbps (como mínimo)
- La compartición de los enlaces será de 8 a 1.
 - De acuerdo a las estadísticas presentadas por la Superintendencia de Telecomunicaciones el 65% de los usuarios que cuentan con el servicio de valor agregado Internet se conectan todos los días, con este porcentaje se realizará el cálculo de la capacidad total requerida por la red de acceso.

Considerando que para el primer año se contará con un total de 801 usuarios tanto residenciales, comerciales y educativos para toda la red, cada uno de ellos requiere un promedio de 10 Mbps para acceder a los servicios *TRIPLE PLAY* y teniendo en cuenta la compartición de 8:1 la capacidad total requerida será:

Capacidad = [(801 usuarios iniciales) x (10 Mbps)] /(8)

Capacidad = 1001,25 Mbps.

Asumiendo que únicamente el 65% de los usuarios se conectan al Internet, se requiere:

Capacidad Total= Capacidad x 65 %

Capacidad Total=1001,25 x 65%

Capacidad Total= 650,8125 Mbps

Por lo que se contratará a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones una capacidad de 1 Gbps que se conectará directamente a la OLT.

3.2.8 Selección de la tecnología FTTX apropiada

Para la selección de una tecnología FTTX apropiada se consideran los siguientes aspectos:

- Una solución FTTEEx no es viable ya que el tramo de fibra sería muy corto por lo tanto, el restante tramo de par trenzado no cumpliría con los requisitos máximos de distancia para un desempeño óptimo ya que sería mayor a 300m.
- FTTCab permite compartir un elevado número de abonados, y, aunque el tramo de cobre es inferior a FTTEEx, las capacidades que proporciona son inferiores en comparación con FTTC.

- FTTB permite reducir aún más el tendido de cobre, de tal manera que se podrían utilizar las tecnologías xDSL para llegar al abonado, es apropiada para cubrir a unidades multivivienda y empresas, además se tiene disponible la infraestructura de cobre existente para llegar al usuario final, lo que disminuye los costos del despliegue de la red.
- FTTH sería la opción más adecuada en el diseño de la red de acceso, sin embargo hay que tener en cuenta algunos factores como la distancia que debe recorrer la fibra y el número de hilos de fibra necesarios para llegar a cada uno de los usuarios; en lo que a equipos se refiere por ejemplo el equipo final de usuario, el módem, debería ser el adecuado para trabajar con este tipo de cable lo que implica el tipo de conector , las velocidades que soporta y los servicios que puede ofrecer, además el tipo de fibra a utilizarse deberá soportar las condiciones de tendido hasta el hogar como pueden ser curvaturas muy pronunciadas y el tendido vertical, lo que haría que los costos de despliegue y mantenimiento de este tipo de red sean elevados. Esta solución será la más adecuada cuando se tengan requerimientos de capacidades elevadas.

Por lo tanto, FTTB y FTTC se convierten en las opciones más adecuadas que se aplicarán en el sector elegido y de acuerdo a sus características se implementarán en determinado tipo de usuario.

3.2.8.1 Comparación entre FTTC y FTTB

Mediante la tabla 3.7 se comparan las tecnologías FTTB y FTTC para de esta forma determinar dónde se deben aplicar de acuerdo con los requerimientos de los usuarios:

Parámetros	FTTB	FTTC
Entorno aplicable	Edificios Residenciales Edificios Comerciales Centros Comerciales	Edificios Residenciales Edificios Comerciales Centros Comerciales Barrios Privados
Tecnología utilizada para llegar al usuario	VDSL	VDSL, VDSL2
Proximidad de la fibra al usuario	Mayor que FTTC	La fibra llega hasta una localidad cercana a al usuario.
Longitud aproximada del tendido de cobre	Entre 50 – 100m	Menor a 500m
Número de usuarios que comparten la ONU	16 -32	16 - 64
Velocidad de transmisión	Mayor que FTTC (Hasta 100 Mbps)	Menor que FTTB (Hasta 52 Mbps)

Tabla 3.7: Comparación entre FTTB y FTTC

En el diseño de la red de acceso se plantea el empleo de la tecnología FTTC (*Fiber To The Curb*) principalmente para ofrecer el paquete *TRIPLE PLAY* a usuarios residenciales, y comerciales que no requieran un gran ancho de banda, considerando que es lo más eficiente ya que no se desperdicia capacidad y se reducen los costos de instalación y servicio, además la ONU puede ser compartida por un mayor número de usuarios, con lo que perfectamente se podría cubrir una manzana del sector escogido, la figura 3.10 indica un esquema de diseño propuesto.

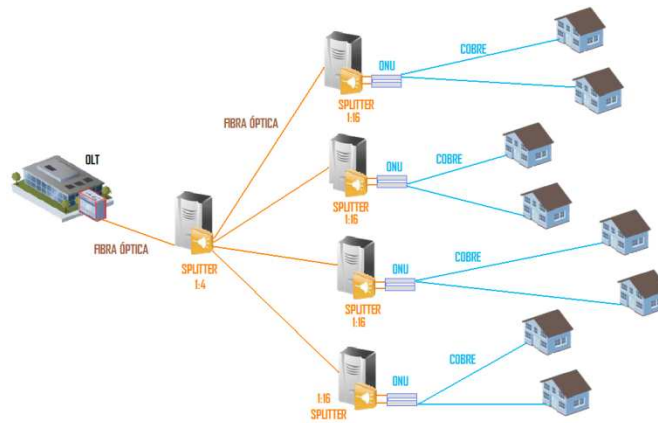


Figura 3.10: Esquema de usuarios FTTC.

3.2.8.2 Usuarios FTTB

Para ciertas entidades que poseen edificios propios como por ejemplo: el Banco Central, el Centro Comercial “La Plaza”, el aeropuerto, el hospital “San Vicente de Paul”, el Canal TVN, entre otros se empleará la tecnología FTTB (*Fiber To The Building*) mostrada en la figura 3.8, que permite llegar directamente al edificio con la fibra y en donde se les instalará una ONU con el número de puertos dependiendo de sus necesidades, el número de usuarios administrados por la ONU es menor debido a que se trata de evitar el desperdicio de los puertos PON en cada ONU.

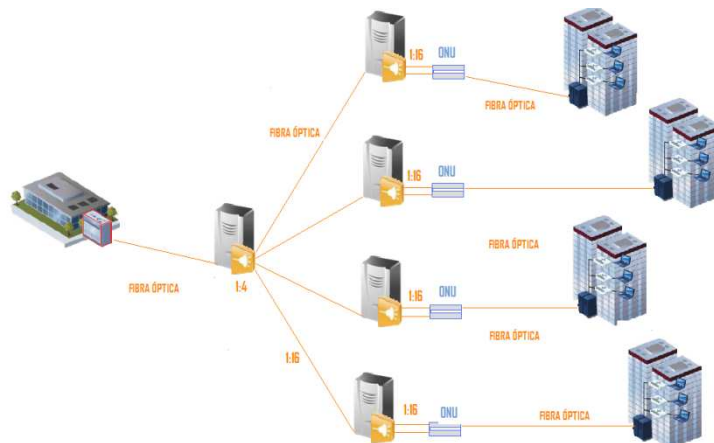


Figura 3.11: Esquema de usuarios FTTB.

En la tabla 3.8 se presentan algunos de los comercios que contarán con la tecnología FTTB (*Fiber To The Building*):

SECTOR	UBICACIÓN COMERCIOS QUE EMPLEARÁN FTTB (<i>Fiber To The Building</i>)
SECTOR 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Plaza Shopping Center</u>: Av. Mariano Acosta y Víctor Gomezjurado. 2. <u>Clínica Moderna</u>: Víctor Gomezjurado y Víctor Castelo. 3. <u>Clínica GLOBAL DENTAL</u>: Víctor Gomezjurado y Olimpia Gudiño. 4. <u>Aeropuerto</u>: Av. Mariano Acosta y Víctor Gomezjurado. 5. <u>Escuela “Alfredo Albuja”</u>: Bartolomé de las casas y Darío Egas.
SECTOR 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>SECAP</u>: Alfonso Almeida y Cristóbal Gomezjurado. 2. <u>Colegio de Señoritas “IBARRA”</u>: Av. Mariano Acosta y Obispo Pasquel Monge. 3. <u>Centro Educativo “ATAHUALPA”</u>: Av. Mariano Acosta y Av. Fray Vacas Galindo. 4. <u>Central 911</u>: Obpo. Pasquel Monge y Darío Egas. 5. <u>Empresa Nacional de Ferrocarril</u>: Obpo. Pasquel Monge y Darío Egas.
SECTOR 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Hotel AJAVI</u>: Av. Mariano Acosta y Cristóbal Gomezjurado. 2. <u>Tenis Club</u>: Carlos Merlo y Cristóbal Gomezjurado. 3. <u>Museo Parque Chile</u>: Av. Mariano Acosta y Cristóbal Tobar.
SECTOR 4	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Oficina IESS</u>: Carlos Egas Almeida y Gabriela Mistral. 2. <u>TVNorte</u>: Av. Jaime Rivadeneira y Juan José Flores. 3. <u>Gimnasio OLIMPO</u>: Av. Mariano Acosta y Juan José Flores. 4. <u>Hotel MONTECARLO</u>: Av. Jaime Rivadeneira y Pedro Moncayo.

SECTOR 5	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Hospital "SAN VICENTE DE PAÚL"</u>: Av. Cristóbal de Toya y Luis Gomezjurado. 2. <u>Conjunto Residencial "SAN VICENTE"</u>: Av. Cristóbal de Toya y Av. Jaime Rivadeneira. 3. <u>Unidad Educativa Fe y Alegría</u>: Av. Cristóbal de Toya y Av. Jaime Rivadeneira.
SECTOR 6	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Cooperativa de Ahorro y Crédito ATUNTAQUI</u>: Antonio Cordero y Rafael Larrea
SECTOR 7	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Mercado AMAZONAS</u>: Sánchez y Cifuentes y Av. Pérez Guerrero. 2. <u>Escuela PEDRO MONCAYO</u>: Av. Mariano Acosta y Luis Cabezas Borja. 3. <u>Patronato Municipal</u>: Simón Bolívar y Cristóbal Colón. 4. <u>Cruz Roja Ecuatoriana</u>: Av. Eugenio Espejo y Velasco. 5. <u>Registro Civil Cedulación</u>: Sánchez y Cifuentes y Velasco. 6. <u>Cooperativa de Ahorro y Crédito "ATUNTAQUI"</u>: Av. Pérez guerrero y Olmedo. 7. <u>Banco Solidario</u>: Cristóbal Colón y Olmedo.
SECTOR 8	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Clínica Mariano Acosta</u>: Av. Mariano Acosta y Luis Cabezas. 2. <u>COSINOR</u>: Pedro Moncayo y Olmedo. 3. <u>PROVESUM</u>: Pedro Moncayo y Luis Cabezas.
SECTOR 9	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Federación Deportiva de IMBABURA</u>: Av. Eloy alfaró y Juan Zaldumbide. 2. <u>Coliseo Luis Leoro Franco</u>: Av. Jaime Rivadeneira y Carlos Elias Almeida. 3. <u>Sindicato de Choferes Profesionales de Imbabura</u>: Juan José Flores y P: Rodríguez. 4. <u>IESS Jubilaciones</u>: García Moreno y P. Rodríguez. 5. <u>Colegio "17 de julio"</u>: E. Borrero y Chica Narváez.
SECTOR 10	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Colegio "Sánchez y Cifuentes"</u>: Antonio José de sucre y Obpo. Mosquera. 2. <u>Supermercado TIA</u>: Av. Pérez Guerrero y Sánchez y Cifuentes. 3. <u>TVENTAS</u>: Av. Pérez Guerrero y Antonio José de Sucre.
SECTOR 11	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Concejo Provincial de Educación y Cultural</u>: Av. Pérez Guerrero y Liborio Madera.

	<ol style="list-style-type: none"> 2. <u>CLUB BARCELONA</u>: Cristóbal Colón y Maldonado. 3. <u>Ministerio de Salud</u>: Juan Montalvo y Cristóbal Colón.
SECTOR 12	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Registro Civil</u>: Velasco y Rocafuerte. 2. <u>Banco Central del Ecuador</u>: Simón Bolívar y Miguel Oviedo. 3. <u>EMAPA</u>: Simón bolívar y Pedro Moncayo.
SECTOR 13	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Servicio de Rentas Internas SRI</u>: Simón Bolívar y Juan Flores. 2. <u>Colegio Inmaculada Concepción</u>: Sucre y Juan José Flores. 3. <u>Gobierno Provincial de IMBABURA</u>: Antonio José Sucre y García Moreno. 4. <u>Teatro Gran Colombia</u>: Antonio José Sucre y García Moreno.
SECTOR 14	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Municipio de IBARRA</u>: Simón Bolívar y García Moreno. 2. <u>Banco Nacional de Fomento</u>: Simón Bolívar y García Moreno. 3. <u>Empresa Eléctrica Norte</u>: Chica Narváez y E. Borrero.
SECTOR 15	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Ministerio de Bienestar Social</u>: Rocafuerte y E. Borrero. 2. <u>Centro de Rehabilitación Social</u>: Salinas y E. Borrero
SECTOR 16	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Tribunal Provincial Electoral</u>: Sánchez y Cifuentes y F. Villamar. 2. <u>Policía Nacional</u>: Av. Víctor Peñaherrera y Av. Jaime Roldos. 3. <u>Estadio Olímpico</u>: Av. Jaime Roldos y Arsenio Torres. 4. <u>Urbanización Concejo Provincial</u>: Av. Jaime Roldos y José Av. Jaime Vinuesa. 5. <u>Galería Municipal</u>: Canónico Domingo Ruano y Arsenio Narváez

Tabla 3.8: Ubicación Comercios que contratarán FTTB (*Fiber To The Building*).

A continuación en la figura 3.12 se presenta el plano de la ubicación de los equipos principales y de las ONUs para las empresas y centros educativos a los cuales se llegará con FTTB:







-  Armario con OLT y splitter primario
-  Armario con splitter primario
-  ONU para cliente comercial y educativo
-  Armario con splitter secundario y ONU's clientes residenciales
-  División sectores

Figura 3.12: Ubicación de Equipos.

3.2.9 Distribución del servicio a los usuarios

A partir de la ONU, al domicilio o ubicación del cliente se llegará por medio del par trenzado telefónico UTP, se usa este tipo de cable principalmente porque es el medio de transmisión más empleado en redes LAN, su instalación es barata y sencilla aunque presenta problemas de sensibilidad a la interferencia electromagnética . Se pueden diferenciar varias categorías de este tipo de cable que van de acuerdo a las aplicaciones que se transportarán a través del mismo. La categoría de cable UTP empleada para este diseño será categoría 6, que es un estándar de cable que puede transmitir datos hasta 1Gbps y las características de transmisión del medio están especificadas hasta una frecuencia superior a 250 MHz..

3.2.9.1 Equipo final de usuario

Considerando que las distancias que se tendrán desde la ONU al usuario final no son mayores de 300m, se puede elegir la tecnología XDSL más apropiada, así se empleará VDSL considerada como una de las tecnologías de mayores ventajas además de permitir el transporte de servicios de banda ancha a velocidades aceptables, las cuales fueron descritas en el capítulo 1.

De esta manera, para ofrecer al usuario final el paquete *TRIPLE PLAY* se empleará un modem compatible con VDSL y que cuente con al menos un puerto LAN con conector RJ-45 (Para la conexión del PC), un puerto para voz con conector RJ-11 y un puerto para TV con conector coaxial tipo F o en su defecto con conectores RFA, la figura 3.13 muestra una aproximación de la conexión entre la ONU y el equipo final de usuario:



Figura 3.13: Conexión entre la ONU y el equipo final de usuario

3.2.10 Redundancia

Uno de los parámetros que indican un buen rendimiento de una red es el alto porcentaje de disponibilidad de la red y un corto tiempo de recuperación en caso de fallas para lo cual se plantea redundancia en equipos para la central principal y en el primer nivel de *splitters*, es decir que se deberá comprar el doble de los equipos necesarios, los segundos entrarán a funcionar inmediatamente en caso de que se presenten fallas en los primeros. Para el segundo nivel de *splitters* y las ONUs se propone una redundancia en puertos, lo que significa que se tendrán el doble de puertos requeridos, la mitad con conexiones activas y la otra mitad configurados de tal forma que entren en funcionamiento en caso de fallas.

Adicionalmente se propone tender una ruta alterna de fibra aérea de estructura holgada que conecte los equipos, para que en caso de rupturas se emplee sin inconveniente esta otra ruta, la cual se considerará pueda excederse en un 20% de la ruta original, con lo que se garantiza que la atenuación por distancias no afecte el nivel de la señal transmitida, ya que este porcentaje extra de cable no provocaría una atenuación mayor en comparación con la ruta

original aunque se destaca que los valores debidos a la atenuación no serán despreciables.

Para el caso de los equipos módem instalados en el domicilio o edificio del usuario final se propone que en caso de problemas acuda personal técnico para remplazar el equipo, por lo que será necesario que se tenga una reserva de estos equipos.

3.2.11 Migración

Para asegurar la factibilidad del proyecto y garantizar el adecuado aprovechamiento de la capacidad tanto de equipos como de enlaces en el diseño inicial, se plantea la infraestructura necesaria para atender al número de clientes, que de acuerdo a la proyección realizada en el capítulo 2, se espera tener hasta el segundo año de operación. Después de este período se considera necesario realizar un plan de migración de acuerdo con los datos de las estadísticas y datos proyectados sobre el número de abonados y la capacidad que demandan, se debe tener presente que esto es un proceso que requiere de una correcta planificación. Para el tercer año será necesario aplicar un plan de migración que consiste básicamente en la instalación de un *splitter* de 1x16 y dos equipos ONUs de 64 usuarios en cada sector con lo cual se pretende cubrir la de demanda de los usuarios hasta el quinto año.

3.3 ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS

Uno de los aspectos primordiales en el diseño de una red es considerar las pérdidas que se introducen en cada uno de los tramos y equipos de la red y adicionalmente se deben considerar las pérdidas de retorno, de tal manera que la red cumpla satisfactoriamente con los requerimientos de todos los abonados y el adecuado funcionamiento de los equipos.

En el diseño se deben tener en cuenta las pérdidas que son introducidas por todos los elementos de la red, adicionalmente, se debe considerar un margen

de seguridad, que abarca pérdidas que pueden presentarse por diversas causas y que no son predecibles.

Se pudo comprobar que la ONU más alejada de la OLT se encuentra a 2.373 Km, de acuerdo con las tablas 3.4 y 3.5, esta distancia está dentro del rango de alcance de la OLT que es 20Km por lo que no será tan alta la potencia de la ráfaga que se debe enviar, sin embargo hay que considerar que las ONUs más cercanas necesitarán menor potencia para no saturar su fotodiodo. En la actualidad se ha logrado que en los equipos se integre y simplifique el trabajo con ráfagas de diferente nivel de potencia. Las pérdidas a considerar son:

a) Atenuación ocasionada por la fibra en función de la distancia, a la que le denominaremos Af.

El cable de fibra a utilizarse, será el que cumple con la norma G.652D cuyas características se mencionaron en la tabla 3.3, se tienen los siguientes valores de atenuación, a partir de los cuales se realizan los cálculos de las pérdidas para el cliente más alejado de la OLT como para el cliente más cercano a la OLT:

Para 1330 nm: 0.37 dB/Km

Para 1550 nm: 0.24 dB/Km

- Cliente más alejado de la OLT:

Para 1330 nm: $A_f = 2.373 \text{ km} * 0.37 \text{ dB/Km}$

$A_f = 0.878 \text{ dB}$

Para 1550 nm: $A_f = 2.402 \text{ km} * 0.24 \text{ dB/Km}$

$A_f = 0.576 \text{ dB}$

- Cliente más cercano de la OLT:

Para 1330 nm: $A_f = 0.012 \text{ km} * 0.37 \text{ dB/Km}$

$A_f = 0.004 \text{ dB}$

Para 1550 nm: $A_f = 0.012 \text{ km} * 0.24 \text{ dB/Km}$

$A_f = 0.003 \text{ dB}$

En el caso de los usuarios comerciales y educativos para los cuales se empleará la tecnología FTTB se calcula la atenuación de la fibra para una distancia máxima de 300m y no se considera una distancia mínima ya que para este caso, la ONU estaría ubicada en el armario donde se encuentra el splitter secundario.

Para 1330 nm: $A_f = 0.3 \text{ km} * 0.37 \text{ dB/Km}$




$A_f = 0.111 \text{ dB}$

Para 1550 nm: $A_f = 0.3 \text{ km} * 0.24 \text{ dB/Km}$

$A_f = 0.072 \text{ dB}$

c) Atenuación debida a los conectores, se utilizará un conector a la salida de la OLT, dos conectores por cada *splitter* (entrada y salida) y un conector adicional con el que se llega a la ONU teniendo un total de 6 conectores para cada enlace serán 6.

Los conectores ópticos constituyen, quizás, uno de los elementos más importantes dentro de la gama de dispositivos pasivos necesarios para establecer un enlace óptico, siendo su misión, junto con el adaptador, la de permitir el alineamiento y unión temporal y repetitivo, de dos o más fibras ópticas entre sí y en las mejores condiciones ópticas posibles. En la tabla 3.9 se muestran los principales tipos de conectores y sus aplicaciones:

Tipo de Conector	Conector	Aplicaciones
FC		<ul style="list-style-type: none"> • Redes de telecomunicaciones. • Redes de computadoras. • CATV. • Redes con procesamiento de datos • Sistemas de transmisión óptica.
ST		<ul style="list-style-type: none"> • Conexión de equipos de Networking locales en forma Multimodo. • Conexión de equipos de fibra óptica. • Instalaciones Ethernet híbridas entre cables de pares y fibra óptica.
SC		<ul style="list-style-type: none"> • Conmutadores Ethernet de tipo Gigabit. • Telefonía en formato monomodo. • Aplicaciones similares al conector ST.
LC		<ul style="list-style-type: none"> • Redes de telecomunicaciones. • Sistemas Gigabit, Ethernet, ATM, SONET.

		<ul style="list-style-type: none"> • CATV. • Redes con procesamiento de datos. • Sistemas de transmisión óptica. • FTTX.
MTRJ		<ul style="list-style-type: none"> • CATV multimedia. • Sistemas Gigabit, Ethernet, ATM, SONET. • Sistemas de transmisión óptica. • Conexión de equipos de fibra óptica.

Tabla 3.9: Tipos de Conectores de fibra óptica [22].

En base a la tabla anterior, se puede observar que un tipo de conector adecuado para redes FTTX es el conector LC que presenta una atenuación típica menor o igual a 0.12 dB y un valor máximo de atenuación de 0.3 DB de acuerdo con la hoja técnica de este tipo de conector.

Las pérdidas producidas por los conectores se calcularán tomando en cuenta el valor máximo de atenuación:

$$P_c = 0.3 \text{ dB} * 6$$

$$P_c = 1.8 \text{ dB}$$

c) Atenuación debida a los splitters Ps:

La atenuación que se produce en cada uno de los *splitters* está determinada por el modelo que se vaya a utilizar así también como por la tecnología usada en su fabricación, los valores típicos contemplados en un *splitter* con tecnología PLC se muestran en la tabla 3.10³⁶:

Tipo	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64
Longitud de Onda	1260-1360 nm, 1480-1625 nm					
Longitud mínima de fibras (m)	4					
Pérdidas de Inserción (dB)	≤ 3,5	≤ 7,5	≤ 10,3	≤ 13,5	≤ 16,7	≤ 20,4
Uniformidad (dB)	≤0.7	≤0.8	≤1.0	≤1.0	≤1.3	≤2.0
Pérdidas de retorno (dB)	>50			≥55		
Directividad (dB)	>50			≥60		

Tabla 3.10: Valores por pérdidas de inserción en diferentes tipos de *splitters*, [16]

Por lo que se tomarán en cuenta los siguientes valores de acuerdo con el *splitter* utilizado:

Splitter primario: 7.5 dB

Splitter secundario: 13.5 dB

$$P_{st}=7.5\text{dB}+13.5\text{dB}$$

$$P_{st}=21 \text{ dB}$$

³⁶ <http://www.ofp3.com>

d) Atenuación debida al tendido de cobre: Para la factibilidad del diseño, este parámetro no es considerado, ya que de acuerdo con la tecnología utilizada, se garantizan los valores de velocidad establecidos por VDSL, los problemas en cuanto a este tipo de atenuación se presentarán cuando el abonado se encuentre a una distancia mayor de 300m.

Adicionalmente se establece un margen de seguridad de la red en un valor de 3 dB; este margen permite que la red opere dentro de los parámetros establecidos ya sea inexactitud en el cálculo de las pérdidas o pérdidas menores en el nivel de señal principalmente debido a al mal funcionamiento o degradación de los equipos.

e) Pérdidas Totales=PT = Af+ Pc + Pst + Mg

Donde:

Af: Atenuación de la Fibra óptica

Pc: Pérdida inducida por los Conectores

Pst: Pérdida por dos niveles de *splitters*

Mg: Margen de seguridad

- Cliente más alejado

$$PT = Af + Pc + Pst + Mg$$

$$PT = 0.878 \text{ dB} + 1.8 \text{ dB} + 21 \text{ dB} + 3 \text{ dB}$$

$$PT = 26.678 \text{ dB (a } 1330 \text{ nm)}$$

$$PT = 26.376 \text{ dB (a } 1550 \text{ nm)}$$

- Cliente más cercano:

$$PT = Af + Pc + Ac + Mg$$

$$PT = 0.004 \text{ dB} + 1.8 \text{ dB} + 21 \text{ dB} + 3 \text{ dB}$$

$$PT = 25.804 \text{ dB (a 1330 nm)}$$

$$PT = 25.803 \text{ dB (a 1550 nm)}$$

- Para clientes FTTB o FTTC, se recalca que no se toma en cuenta al cliente más cercano ya que puede estar ubicado en el mismo armario.

Cliente más alejado

$$PT = Af + Pc + Pst + Mg + Af$$

$$PT = 0.848 \text{ dB} + 1.8 \text{ dB} + 20.7 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 0.111$$

$$PT = 26.789 \text{ dB (a 1330 nm)}$$

$$PT = 26.448 \text{ dB (a 1550 nm)}$$

Cabe señalar que tanto la OLT como ONU generalmente utilizan un láser del tipo DFB³⁷ (Distributed FeedBack Laser) por lo que se tendrá una ganancia de 28 dBm, este valor será utilizado para calcular el nivel de señal que llega hasta la ONU y se determinará si trabaja dentro de los márgenes establecidos, estos márgenes referenciales han sido tomados de las hojas de datos de este producto [19],[15]:

- Para el cliente más alejado: clientes FTTB

Para 1550nm:

La ONU que trabajará sobre un rango aproximado de -1 a 5 dBm

³⁷ **DFB (Distributed FeedBack Laser):** Láser que trabaja con una sola longitud de onda introduciendo unas crestas corrugadas o red de difracción, las mismas que reflejan solamente cierta longitud de onda de regreso al láser, por lo que únicamente la luz de esa longitud de onda es amplificada. Las ranuras corrugadas se ubican debajo de la zona activa. La red de difracción genera un cambio constante del índice refractivo, lo cual contribuye al mecanismo de realimentación, de tal manera que se produce un único modo y se suprimen los modos indeseados.

$28 \text{ dBm} - 26.448 \text{ dB} = 1.552 \text{ dBm}$ valor que se encuentra dentro del rango de funcionamiento de la ONU.

Para 1330nm:

La ONU que trabajará sobre un rango aproximado de -8 a 28 dBm

$28 \text{ dBm} - 26.789 \text{ dB} = 1.211 \text{ dBm}$ que también se encuentra dentro del rango de funcionamiento de la ONU.

- Para el cliente más cercano:

Para 1550nm:

$28 \text{ dBm} - 25.803 \text{ dB} = 2.197 \text{ dBm}$

Para 1330nm:

$28 \text{ dBm} - 25.804 \text{ dB} = 2.196 \text{ dBm}$

Valores que se encuentran dentro del rango de funcionamiento de la ONU y garantizan su correcto funcionamiento.

Pérdidas de retorno

Para el cálculo de las pérdidas de retorno, se toma como referencia el valor de la potencia de transmisión que será de 4 dBm y la atenuación total del trayecto desde la OLT hasta la ONU a 1330nm es 26.789 dB, entonces, para el correcto funcionamiento de la OLT en sentido ascendente, deberá recibir una potencia de -22.789 dBm.

Se tendrá un correcto funcionamiento de la red de acceso debido a que los valores de pérdidas de potencia y de retorno están dentro de los rangos

establecidos en la recomendación G 983.1³⁸ de la UIT-T ver anexo 9. Estos valores deben ser tomados en cuenta el momento de elegir los equipos.

3.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS.

El siguiente paso luego de haber realizado el diseño de la red es la búsqueda de los equipos necesarios que permitan un rendimiento óptimo de la misma. Partiendo desde la central local que es un punto clave en la etapa de diseño, ya que es aquí donde se concentran los datos y se produce la conversión para adaptarlos y ser transportados hacia el cliente se encuentra la OLT, equipo sirve de interfaz entre la red de acceso y la red de concentración. Básicamente debe cumplir algunos requerimientos que permiten discriminar a las distintas marcas que ofertan este tipo de productos.

La tabla 3.11 muestra las características básicas que deben cumplir los equipos para el correcto desempeño de la red, de acuerdo a los requerimientos técnicos considerados en el diseño:

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
OLT	Sistema de terminación de línea óptica ubicado en la oficina central	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo que soporte la tecnología GPON - 2Tarjetas Ethernet 1000Base Lx - Escalable y con puertos ascendentes - 64 ONU's conectables por puerto - FEC - Longitud de onda de trabajo:

³⁸ **Recomendación UIT-T G.983.1.** "Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales."

		<p>1310nm para voz y datos, (<i>Upstream</i>).</p> <p>1490nm para voz y datos, (<i>Downstream</i>).</p> <p>1550nm para video de RF1, (<i>Downstream</i>).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tarjeta controladora - Velocidades de transmisión: Downstream: 2.488 Gbps. Upstream: 1.244 Gbps. - Compatible con IEEE 802.1ad-VLAN³⁹, lo que permite administrar los diferentes servicios de una forma eficiente. - Identificación automática de las ONU's conectadas
Chasis	Chasis de alta densidad para la inserción de tarjetas adaptadoras o de terminación de red	<ul style="list-style-type: none"> - Debe permitir por lo menos 8 tarjetas - Incluir fuentes de alimentación y una tarjeta controladora - Debe permitir trabajar en configuración redundante - Disponer de mecanismos que aseguren la extracción o inserción de las tarjetas en caliente (sin interrupción del servicio). - Debe permitir la ampliación de nuevos enlaces sin necesidad de reconfiguración.
Splitter	Dispositivo que se usa para dividir la señal de entrada en N ramas de salida con mínimas pérdidas.	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de división: 1:4 y 1:16 - Deben trabajar en la longitud de onda de trabajo de la OLT - Bajas pérdidas de inserción - Operación en la ventana adecuada (segunda 1310 nm y tercera 1550 nm)

³⁹**VLAN (Red de área local virtual o LAN virtual)**: es una red de área local que agrupa un conjunto de equipos de manera lógica y no física.

		<ul style="list-style-type: none"> - Fácil instalación y mantenimiento
ONU	<p>La ONU, unidad óptica de red se conectará lo más cerca del usuario y es la encargada de la conversión óptica-eléctrica orientada a que el abonado obtenga los servicios adquiridos.</p> <p>Tarjeta que recibe el tráfico compartido desde una controladora OLT y ofrece al usuario los servicios de Telefonía, Internet y Televisión por Cable</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Outdoor - Interfaces: <ul style="list-style-type: none"> WAN⁴⁰: GPON (2.488 Gbps / 1.244 Gbps) LAN: 100 Mbps, Gigabit-Ethernet, que son las que llegan hasta el usuario WiFi⁴¹ VoIP: puerto para permite conectar un teléfono CATV: que llega al usuario y le permite tener acceso a este servicio. - Debe abastecer a 64 usuarios - Longitud de onda de trabajo: <ul style="list-style-type: none"> 1310 nm para voz y datos, (<i>Upstream</i>). 1490 nm para voz y datos, (<i>Downstream</i>). 1550 nm para video de RF1, (<i>Downstream</i>). - Tecnologías Implementadas: <ul style="list-style-type: none"> VLAN (802.1q) QoS⁴² (802.1p)

⁴⁰ **WAN (Wide Area Network):** es una red de computadoras de gran tamaño, generalmente dispersa en un área metropolitana, a lo largo de un país o incluso a nivel planetario.

⁴¹ **WiFi (Wireless Fidelity):** también llamada WLAN, o red inalámbrica, estándar IEEE 802.11. WIFI es un sistema de envío de datos sobre redes computacionales que utiliza ondas de radio en lugar de cables

		DHCP ⁴³ Soporta IPv4 e IPv6
Armario		<ul style="list-style-type: none"> – Armario de comunicaciones de 15U (unidades) numeradas – Instalación de pie (opcional mural). – Apertura de seguridad con llaves en puertas anterior y posterior. – Con 4 bandejas fijas desmontables – Base de enchufes para rack de al menos 5 tomas de alimentación estándar.
Módem Triple Play	Adapta la señal digital para ser transmitida por un canal analógico.	<ul style="list-style-type: none"> – Soporta TRIPLE PLAY – Interfaces: <ul style="list-style-type: none"> WAN: throughput mayor o igual a 38 Mbps WAN: throughput upstream mayor o igual a 30 Mbps Al menos un puerto LAN 100 Base Tx (RJ45) Un puerto coaxial tipo F ó Puertos RFA - Protocolo de datos TCP/IP

Tabla 3.11: Características técnicas de los equipos. [40]

⁴² **QoS: (Quality of Service)** son las tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de datos en un tiempo dado (*throughput*). Calidad de servicio es la capacidad de dar un buen servicio. Es especialmente importante para ciertas aplicaciones tales como la transmisión de video o voz.

⁴³ **DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)** es un protocolo de red que permite a los nodos de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente.

3.5 ANÁLISIS DE PROVEEDORES DE EQUIPOS GPON.

A continuación se muestran dos posibles soluciones en cuanto a los equipos y elementos necesarios para implementar la red GPON,

MOTOROLA

Motorola es conocida mundialmente por su innovación en comunicaciones. La empresa desarrolla tecnologías, productos y servicios que posibilitan las experiencias móviles. Motorola está comprometida en brindar soluciones de comunicación de última generación destinadas a las personas, las empresas y los gobiernos.

La solución basada en GPON presentada por esta empresa, es una solución de transmisión de datos mediante fibra óptica, basada en Ethernet, que permite escalabilidad masiva y reducción de costos operativos para los operadores, de forma que estos pueden ofrecer servicios *Triple Play* y transmisión de datos en velocidades de descarga de hasta 2,4 Gbps. GPON permitirá la creación de redes convergentes de banda ancha basadas en IP. Esto les facilita maximizar el valor de sus activos para atraer nuevos clientes y fidelizar a los existentes, ofreciendo más servicios sobre la misma infraestructura a precios cada vez más competitivos. Además de reducir la inversión necesaria en equipamiento de red, esta convergencia trae consigo para los operadores de CATV costos operativos más bajos.

La tabla 3.12 muestra algunos equipos que pueden ser de interés en este diseño, las especificaciones técnicas se encuentran en el anexo 5.

EQUIPO	CARACTERISTICAS
OLT: AXS1800	OLT y chasis integrado diseñado para entregar servicios de ultra-banda ancha. Ofrece una velocidad simétrica en la entrega de servicios de banda ancha. Tarjeta de 4 puertos PON y 14 tarjetas en el chasis. Soporta video (RF e IP), con retorno, IPTV. Provee herramientas avanzadas de administración
OLT: AXS2200	OLT y chasis integrado, a más de servicios de banda ancha, ofrece una capacidad de crecimiento en servicios tales como IPTV, y video RF, TV a la carta de alta definición (VoD). Ofrece una velocidad simétrica en la entrega de servicios de banda ancha.
Sistema de Gestión: AXSvision	Sistema de Gestión que permite desde un servidor, tener acceso a cada uno de los clientes de la red y sus servicios, tiene una característica escalable, permitiendo el crecimiento de la red tanto en OLT's como ONU's
ONT:1000GT2	Soporta datos de alta velocidad IPTV, video basado en paquetes y RF, telefonía TDM y VoIP. Posee 2 puertos POTS, 1 puerto <i>Ethernet</i> 10/100/1000BaseT, 1 puerto RF (coaxial tipo F).
ONT: 6000GVT	ONT que sirve para múltiples unidades de vivienda Soporta datos de alta velocidad, IPTV, TV a la carta, VoIP. Puede trabajar en cableados Cat. 3 ó Cat. 5 y cable coaxial Posee 12 puertos VDSL2 (ONT6000GVT) ó GbE (ONT6000GET)

Tabla 3.12: Soluciones GPON de la empresa Motorola [14]

TELLABS

Empresa internacional con sede en Finlandia experta en el diseño, desarrollo, despliegue y apoyo de soluciones para proveedores de servicio de telecomunicaciones en todo el mundo.

Tellabs® Optical Solutions permite incorporar banda ancha de manera remota y rápida, comparadas con redes anteriores, estas soluciones ofrecen las siguientes ventajas⁴⁴:

- Reducen los elemento de la red y costos de capital hasta un 65%,
- Reducen el consumo energético hasta un 65% y
- Reducen los costos operativos hasta un 85%.
- Soluciones que actualmente están siendo utilizadas por un gran número de clientes.

La tabla 3.13 muestra algunos equipos que oferta esta empresa, las especificaciones técnicas se muestran en el anexo 6.

EQUIPO	CARACTERISTICAS
OLT: QOIU7	Tarjeta que contiene 4 módulos GPON. Permite la convergencia de voz, video y datos. Trabaja con FEC y GEM ⁴⁵ . Soporta 64 ONTs por puerto OLT
ONT: 1600 -702	Equipo terminal que soporta voz, datos de alta velocidad y CATV. Es factible su instalación <i>indoor</i> u <i>outdoor</i> . Posee una interfaz Ethernet e 10/100/1000BaseT. Maneja canales analógicos y digitales. Se alimenta con 12 V DC y soporta

⁴⁴ Valores de reducción que la empresa **Tellabs®** garantiza en cada una de sus soluciones ópticas.

⁴⁵ **GEM (GPON Encapsulation Method)**: Es un método de encapsulamiento de la información utilizado por GPON que permite soportar cualquier tipo de servicio: Ethernet, ATM, TDM, etc. Con este método GPON ofrece mayores anchos de banda y es más eficiente que sus tecnologías antecesoras.

	baterías.
Sistema de gestión: FP20.0 Tellabs 1191 EMS	Sistema basado en Java que permite la configuración de las líneas ADSL, configuración del equipo, manejo de alarmas, diagnósticos y la administración del <i>performance</i> de los servicios.

Tabla 3.13: Equipos ofertados por la empresa TELLABS [15].

Como se puede observar, estas empresas no ofertan todos los equipos necesarios para el análisis, por ello, se escogerá otras soluciones GPON en cuanto a fabricantes de *splitters* ópticos, ONU's y módems. Las características técnicas de los equipos descritos se muestran en el anexo 7:

En la tabla 3.14 se muestran dos posibles soluciones en cuanto a *splitters* ópticos:

<i>SPLITTERS</i>		
Empresa	Descripción	Nivel de División
TELNET [16]	<i>Splitters</i> elaborados con tecnología PLC ⁴⁶ , pueden ser utilizados en redes CATV así como redes GPON	1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64
TFO[17]	<i>Splitters</i> aptos para una solución GPON, compatible con la norma G.652 B y D y G.657 A y B	1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32
<i>UNIDAD OPTICA DE USUARIO (ONU)</i>		
Empresa	Descripción	Nivel de División

⁴⁶ **PLC(Planar Lightwave Circuits):** Tecnología que permite la construcción de *splitters* de elevadas prestaciones, alta densidad de canales y tamaño mínimo.

TAINET [18]	Unidad óptica de usuario, permite transportar voz, datos y video.	Hasta 64
SALIRA [19]	Unidad óptica de usuario, permite entregar servicios <i>Triple Play</i> a múltiples usuarios a través del mismo equipo. Permite el manejo de ACL's (Listas de control de acceso	Hasta 64, pueden usarse varios módulos
MÓDEM TRIPLE PLAY		
Empresa	Descripción	Características
KASDA [20]	Módem VDSL/VDSL2 que ofrece una tasa de transmisión de datos de hasta 100Mbps, adecuado para ofrecer servicios <i>Triple Play</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Se adapta tanto a VDSL como a VDSL2 • QoS para servicios <i>Triple Play</i> • Funciona sobre cobre
MOTOROLA [14]	Módem VDSL/VDSL2 que permite entregar servicios <i>Triple Play</i> , especialmente en redes de banda ancha, adecuado para tecnologías FTTP	<ul style="list-style-type: none"> • Compatible con VDSL. • Calidad de servicio garantizada en la transmisión de voz. • Fácil instalación.

Tabla 3.14: *Splitters, ONU'S y Módems Triple Play* disponibles en el mercado

3.5.1 Selección de la mejor opción de los equipos.

La selección de los equipos que se utilizarán en la red de acceso planteada, se hará contrastando los requerimientos de los equipos mencionados en la sección 3.5 y las características que ofrecen las diferentes marcas, aunque el costo de los equipos también hubiera sido un aspecto importante a considerar, pero para el presente estudio no ha sido factible obtener precios oficiales, especialmente por políticas de las diferentes empresas proveedoras de equipos de fibra óptica, por lo que para el análisis de los costos se emplearán valores referenciales.

En las tablas 3.15 se hace una comparación entre las características de los diferentes fabricantes de OLTs:

Parámetro	Motorola	Tellabs 110 GPON OLT Module
Estándar	G-984 de la IUT-T	G-983 y G-984 de la IUT-T
Velocidad de Transmisión	1 Tbps que se distribuye para cada slot a una razón de 40Gbps	Downstream: 2.4 Gbps Upstream: 1.2 Gbps
Número de slots	22	16
Tipo de conector para la tarjeta GPON	LC, SC	SC
Niveles de División permitidos	1:32 1:64	1:32 1:64
Servicios	Voz, datos y video, además posibilita la implementación de IPTV, permite la creación de VLANs y proporciona calidad de servicio.	Voz, datos, permite la creación de VLANs y VPNs (<i>Virtual Private Networks</i>). Soporta video RF e IPTV.

Número de ONUs	64	64
----------------	----	----

Tabla 3.15: Comparación de las características técnicas de la OLT Motorola y la OLT Tellabs.

A continuación, en la tabla 3.16 se analizan los dos tipos de *splitters* mostrándose sus características principales:

Parámetro	Telnet	TFO
Tecnología que soporta	GPON y EPON	GPON
Niveles de división disponibles	1:2, 1:4, 1:8, 1:16,1:32, 1:64	1:2, 1:4, 1:8, 1:16,1:32,
Tipo de conector	FC/APC SC/APC FC/PC SC/PC ST/PC	ST / APC SC / SPC LC /
Presentación	Bandeja, Modular o Casete.	Modular o para montaje en pared.

Tabla 3.16: Comparación de las características técnicas de los *splitters* ofertados en el mercado

Las tabla 3.17 y 3.18 respectivamente muestran las características destacadas tanto de las ONUs como de los módems ofertados por los proveedores:

De acuerdo a un análisis de los *datasheets* presentados en el anexo 5 se seleccionan los equipos y sistema de gestión para la central de la marca Motorola, debido a que se adapta a los requerimientos del diseño y ofrece

escalabilidad, facilidad del sistema de monitoreo y gestión, personal de soporte y amplia gama de repuestos en el país,. Adicionalmente soporta IPTV, en caso de que se desee migrar.

Para la red de distribución se selecciona los *splitters* marca TFO debido a que esta marca ofrece *splitters* con conectores LC y presenta pérdidas de inserción ligeramente menores a las que se utilizaron en el cálculo de las pérdidas. Se considera como proveedor de los equipos ONU a la empresa TAINET que permite administrar 64 usuarios en el mismo equipo. Los módems serán de marca Motorola que soportan IPTV y serán compatibles con los equipos de la central.

Parámetro	Tainet	Salira
Número de puertos disponibles	24 puertos 10/100Base-T 2 puertos FXS	8 puertos 10/100Base-T
Número de usuarios	Soporta hasta 64	Hasta 16, pero puede escalarse a través de la unión de varios módulos
Estándares aplicables	10Base-T 100Base-T Autenticación de MAC Virtual LAN (hasta 16) Puede aplicarse el estándar 802.11b/g	10Base-T 100Base-T Control de Flujo Prioridad Virtual LAN Spanning-Tree
Velocidad de transmisión	1 Gbps por cada puerto PON	1.25 Gbps por cada puerto PON

Tabla 3.17: Comparación de las características técnicas de la ONU ofertada por dos proveedores

Parámetro	Kasda	Motorola
Tecnología que soporta	VDSL, VDSL2 y es compatible con tecnologías anteriores	VDSL, VDSL2
Servicios	Voz, datos y video de alta definición, calidad de servicio para <i>TRIPLE PLAY</i>	Video bajo demanda, voz y datos a futuro puede permitir IPTV, específico para ofrecer servicios <i>TRIPLE PLAY</i> .
Velocidad de transmisión	100 Mbps	200 Mbps
Interfaces	Un puerto VDSL 4 puertos Ethernet Un puerto para voz.	4 puertos 10/100 Base-T Un puerto para voz.

Tabla 3.18: Características técnicas más importantes del módem VDSL

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE COSTOS

4.1. INTRODUCCIÓN

Una vez realizado el diseño de la red de acceso en base a los resultados obtenidos en la estimación de la demanda y requerimientos de los usuarios se pudo conocer las exigencias en cuanto a equipos y materiales para la implementación y operación de la red. En este capítulo se busca determinar el costo de la inversión inicial comparando los precios algunos proveedores y tomando los más competitivos. Adicionalmente, se propone una estructura de la empresa con la finalidad de calcular el costo mensual de la operación y mantenimiento de la red.

Mediante los resultados de las encuestas realizadas se calcula, en base al punto de equilibrio, el costo mensual del servicio, proponiendo tres planes que cumplan con las necesidades de los sectores en los que se dividió a la población, además se presenta estrategias para el financiamiento de los equipos de usuario.

Finalmente, se establece el valor para la solicitud de un préstamo y un período para la recuperación de la inversión presentando el análisis de la factibilidad del diseño propuesto en base a los flujos de caja anuales y el cálculo de los parámetros financieros VAN y TIR.

4.2. INVERSIÓN INICIAL

De acuerdo a los requerimientos necesarios para la implementación de la infraestructura de la red de acceso y los costos relacionados con la constitución y operación de la empresa proveedora del servicio *TIPLE PLAY*, se calcula el monto necesario que se debe invertir en el proyecto, el cual posteriormente se considera será financiado por una institución bancaria.

Cabe mencionar que se solicitó proformas a varias empresas proveedoras de equipos y materiales de fibra óptica, tanto nacionales como internacionales, sin haber logrado conseguir respuesta de muchas y por políticas de otras no se pudo mostrar documentos de respaldo, por lo que se resolvió presentar costos referenciales obtenidos de varias fuentes.

4.2.1 COSTOS POR EQUIPOS DE RED

Una parte de la inversión inicial será el costo de los equipos, materiales y mano de obra, necesarios para la implementación de la infraestructura de la red de acceso propuesta en el capítulo 3 para los dos primeros años de funcionamiento. En la tabla 4.1 se presentan los precios referenciales. Adicionalmente en el anexo 4 se presenta las características de los equipos elegidos para la implementación de la red.

Se incluye el precio del software necesario para el monitoreo y administración remota de la red, en esta lista de precios está incluido el IVA.

EQUIPOS	PRECIO REFERENCIAL POR UNIDAD (\$)	CANTIDAD	TOTAL (\$)
OLT (Tarjetas GPON)	27.000,00	8	216.000,00
Chasis de la OLT	50.000,00	1	50.000,00
Software de Monitoreo	49.000,00	1	49.000,00
Splitter 1:4	60,00	8	4.800,00
Splitter 1:16	80,00	16	1.280,00
ONU (FTTc)	600,00	32	19.200,00
ONU (FTTb)	190,00	15	2.850,00
Modem TRIPLE PLAY	50,00	1668	83.400,00
Armario Central	1,00	1500	1.500,00
Armario nivel 1	4,00	1500	6.000,00
Armario nivel 2	16,00	2500	40.000,00
Fibra Optica / m	0,80	21.760,48	17.408,38
Costo de instalación /m	0,40	21.760,48	8.704,19
Cable UTP cat.6/m	0.40	78.000	31.200,00
Costo de instalación /m	0,25	78.000	19.500,00
		SUBTOTAL:	550.842,57
		IVA:	66.101,10
		TOTAL:	616.943,67

Tabla 4.1: Costo por equipos de red.

Dentro de los costos por implementación de la red se debe considerar que la empresa proveedora de los equipos cobra el 10% del valor total⁴⁷ para la instalación, es decir que se deberá cancelar un valor de USD 61.694,37. Para el segundo año de funcionamiento se debe considerar el valor del mantenimiento de la red, ya los equipos cuentan por lo general con un año de garantía, este valor es del 10% del total de los equipos, es decir un valor de USD 30.847,18.

⁴⁷ Valores aproximados obtenidos de la empresa CIEMTELCOM.

4.2.2 COSTOS POR PERMISOS DE FUNCIONAMIENTO.

Como se mencionó en el capítulo 1, toda entidad que pretenda ofrecer servicios de telecomunicaciones en el Ecuador debe cumplir con ciertos requisitos y cancelar los valores por concesión a las entidades respectivas. En base a esto, en la tabla 4.2 se presentan los valores necesarios para obtener los permisos y concesiones para ofrecer los servicios *TRIPLE PLAY*. Vale mencionar que en nuestro país se siguen manejando por separado (es decir telefonía fija, servicios de valor agregado Internet y Televisión por suscripción), estos valores fueron tomados de las páginas de la Superintendencia de Telecomunicaciones y el Conartel respectivamente.

DESCRIPCIÓN:	VALOR [\$]
Costos por prestación de servicios de valor agregado *	500,00
Costos por prestación de servicios de TV por Cable **	1.000,00
Garantía para la prestación de servicios de TV por Cable***	4.000,00
* Valor que se debe cancelar a la Superintendencia de Telecomunicaciones una única vez por una concesión de 10 años. ** Valor que se debe cancelar al CONARTEL una única vez por una concesión de 10 años. *** Valor que se debe cancelar a la Superintendencia de Telecomunicaciones una única vez.	
TOTAL:	5.500,00

Tabla 4.2: Costos por permisos y concesión.

4.2.3 COSTOS POR CONSTITUCIÓN DE LA EMPRESA

Para la operación de la red de acceso se requiere la constitución legal de una empresa que permita ofrecer los servicios *TRIPLE PLAY* y que cumpla con las obligaciones al país, por lo que este costo se considera como otro rubro necesario en la inversión y se debe cancelar por una única vez a las instituciones respectivas. En la tabla 4.3 se presentan los valores necesarios para obtener los permisos tomados de las páginas de la Superintendencia de

Compañías, de la Cámara de Comercio de Imbabura y del Servicio de Rentas Internas:

DESCRIPCIÓN:	VALOR [\$]
Costos por la constitución de la Empresa *	1.000,00
Costos por ser socio de la Cámara de Comercio**	200,00
Costos por registro en el Servicio de Rentas Internas***	1.500,00
* Valor que se debe cancelar a la Superintendencia de Compañías una única vez. ** Valor que se debe cancelar a la Cámara de Comercio por membresía. *** Valor que se debe cancelar al SRI para registro del RUC.	
TOTAL:	2.700,00

Tabla 4.3: Costos por constitución de la empresa.

4.2.4 Costos por Administración y Operación

Para la operación y administración de la red se debe formar una empresa con personal capacitado en sus respectivas áreas. En la figura 4.1 se muestra el esquema de la estructura inicial de la empresa con el personal requerido para su normal funcionamiento, las responsabilidades y funciones de cada uno de los miembros de la empresa se detallan a continuación.

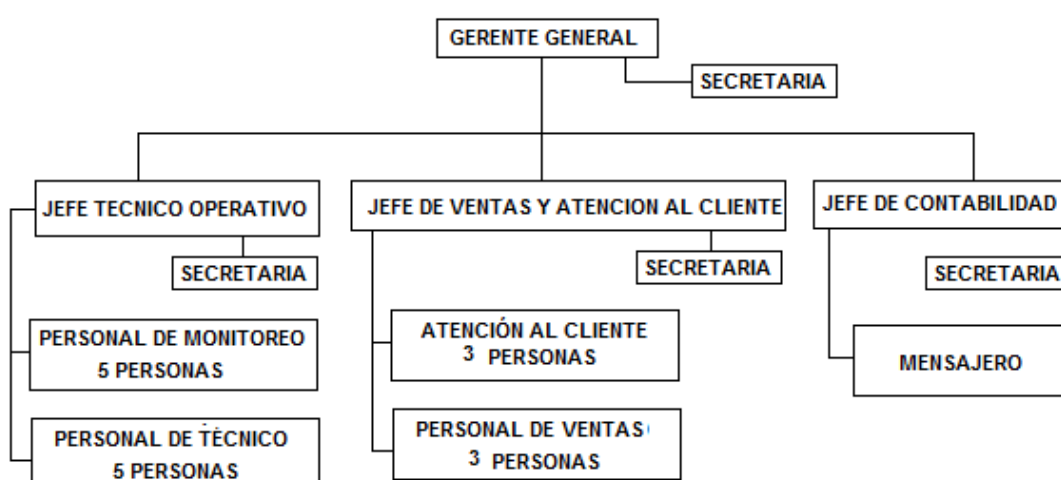


Figura 4.1: Esquema de estructura de la empresa.

Gerente General.

Las actividades principales del Gerente General son:

- Administrar, inspeccionar y regular el buen desarrollo del negocio.
- Ejercer la representación legal, judicial y extrajudicial de la Compañía.
- Designar y remover funcionarios.
- Administrar los fondos de la compañía con responsabilidad, abrir, manejar cuentas corrientes y efectuar toda clase de operaciones bancarias, civiles y mercantiles.
- Estudiar planes técnicos de migración, ampliación y mantenimiento de la red, así como de nuevos servicios y aplicaciones que se pueda ofrecer.
- Gestionar de la imagen de la empresa y las compañías publicitarias.
- Regular los planes tarifarios de los planes ofrecidos al público.

Jefe de Contabilidad.

El Jefe Administrativo-Financiero reportará la información al Gerente General y será responsable de:

- Presentar los informes financieros.
- Administrar correctamente los fondos de la empresa.
- Controlar las cuentas por cobrar y cuentas por pagar de la empresa.
- Elaborar roles de pago.
- Facturar las ventas.
- Declaraciones tributarias.

Jefe Técnico – Operativo.

El Jefe Técnico – Operativo se reportará al Gerente General y será responsable de:

- Administrar y evaluar el sistema de gestión de la red.

- Presentar informes sobre la actividad de la red, éstos incluyen: rendimiento, informe acerca de las fallas en los equipos y las soluciones aplicadas.
- Determinar las necesidades de la red de acceso, administrando los equipos y material existente.
- Estará a cargo de la capacitación del personal de este departamento.
- Controlar las actividades y reportes del personal de monitoreo.
- Manejo de las agendas y reportes del personal técnico.
- Inventario de equipos y materiales para la instalación de servicios.
- Programación de los mantenimientos de la red.
- Planificación de ampliación de la red y de la implementación de nueva infraestructura.
- Enviar reporte de la disponibilidad de puertos al departamento de ventas para la comercialización de los servicios.

Jefe de Asistencia al Cliente y Ventas.

El Jefe de Ventas reportará directamente al Gerente General y sus responsabilidades serán:

- Controlar las actividades del personal encargado de la atención al cliente.
- Elaborar una base de datos de los clientes existentes y su perspectiva acerca de los servicios prestados por la empresa.
- Capacitar al personal para brindar un buen servicio al cliente.
- Conocer los servicios que se ofrecen.
- Preparar material publicitario para poder ofrecer los servicios a los clientes.
- Búsqueda de nuevos contactos.
- Enviar reporte de clientes con daño en el servicio al jefe técnico operativo para la atención por parte de los técnicos de campo

Personal de monitoreo.

El departamento técnico contará con cinco personas para el monitoreo de la red las 24 horas. El personal se comprometerá a:

- Cumplir con los horarios rotativos asignados por el jefe del departamento.
- Monitorear y solventar los daños.
- Reportar oportunamente al personal técnico en caso de que sea necesario se traslade para reparar.
- Realizar el reporte de la disponibilidad y eficiencia de la red.
- Dar soporte técnico telefónico a clientes corporativos.

Personal Técnico.

El departamento técnico contará con cinco tecnólogos con las siguientes responsabilidades:

- Cumplir con las agendas propuestas por el jefe de departamento.
- Realizar la instalación.
- Actuar de forma oportuna en caso de caídas masivas y reporte de daños en la red por parte del personal de monitoreo.
- Reparar el servicio a los clientes que hayan reportado daño.
- Cumplir con el mantenimiento programado por el jefe de departamento.
- Presentar un reporte diario de los trabajos realizados.
- Inventario de equipos y materiales empleados.

Personal de atención al cliente.

Como parte del departamento de atención al cliente se contratará 3 personas encargadas de:

- Recibir las llamadas telefónicas de los clientes que deseen reportar daño en el servicio.
- Informar de los planes y servicios con los que cuenta la empresa.
- Atender las expectativas y consultas del cliente.
- Entregar un reporte diario de los clientes que solicitan servicio de reparación.
- Brindar una posible solución de acuerdo a los requerimientos del cliente.

Personal de ventas.

Dentro del departamento de atención al cliente se contratará 3 personas para:

- Comercializar los planes y servicios que proporciona la empresa.
- Realizar los contratos de instalación del servicio.
- Generar la petición de instalación del servicio.
- Verificar la disponibilidad técnica para la instalación del servicio.
- Reporte del total de planes vendidos diariamente.
- Búsqueda de nuevas carteras.
- Informar a los abonados sobre las cuentas pendientes.
- Atender las expectativas y consultas del cliente.

Secretarias

Cada una de las jefaturas contará con una secretaria para el soporte de área y asistencia a la persona encargada del departamento. Sus funciones serán básicamente:

- Asistir al encargado del departamento.
- Llevar archivos de informes, comunicados, reportes, etc. de manera ordenada.
- Informar al personal de sus horarios.
- Llevar el control de asistencia del personal.

Mensajero

Encargado de la entrega y recepción de documentos y paquetes tanto dentro como fuera de la empresa. Se reportará directamente con el jefe de contabilidad.

A partir del esquema de estructura de la empresa, se presenta la tabla 4.4 donde se detallan valores referenciales de los salarios para cada uno de los cargos y el número de personal necesario para el correcto desenvolvimiento de la empresa.

CARGO	SUELDO	NÚMERO DE PERSONAS	TOTAL
Gerente	1.500,00	1	1.500,00
Jefe de Departamento	900,00	3	2.700,00
Técnicos	500,00	5	2.500,00
Personal de Monitoreo	480,00	5	2.400,00
Personal de atención al cliente	380,00	3	1.140,00
Personal de ventas	400,00	3	1.200,00
Secretaria	400,00	4	1.600,00
Mensajero	300,00	1	300,00
		TOTAL:	13.340,00

Tabla 4.4: Valores mensuales por salarios.

4.2.5 Costos por inmuebles

En la tabla 4.5 se detallan los valores de los inmuebles, materiales de oficina y equipos de cómputo necesarios para la operación, atención al cliente y ventas del servicio, estas necesidades se determinan de acuerdo con el número de personas que conformarán la empresa. Estos valores incluyen el IVA.

EQUIPOS	PRECIO POR UNIDAD (\$)	CANTIDAD	TOTAL (\$)
Computadores	450,00	12	5.400,00
Laptops	600,00	4	2.400,00
Impresora	150,00	4	600,00
Estaciones de Trabajo	250,00	15	3.750,00
Teléfonos	15,00	15	225,00
Fax	50,00	1	50,00
Vehículo	25.000,00	1	25.000,00
Insumos de Oficina	1.000,00	1	1.000,00
		SUBTOTAL:	38.425,00
		IVA:	4.611,00
		TOTAL:	43.036,00

Tabla 4.5: Costos por inmuebles.

4.2.6 Cálculo de la Inversión Inicial.

En base a todos los requerimientos mencionados anteriormente se presenta en la tabla 4.6 el valor de la inversión inicial:

DESCRIPCIÓN:	VALOR [\$]
Costo por equipos de red e instalación	616.943,67
Costos por permisos de funcionamiento	5.500,00
Costos por constitución de la empresa	2.700,00
Costos por inmuebles	43.036,00
TOTAL +IVA:	668.179,67

Tabla 4.6: Inversión Inicial.

Como se mencionó anteriormente, este valor de inversión inicial será financiado en su totalidad por una entidad bancaria a un plazo de 5 años.

4.3 COSTOS TOTALES PARA EL PRIMER MES DE OPERACIÓN.

4.3.1 Costos por servicios.

Para la operación de la red adicionalmente se deben considerar los costos mensuales por consumo de servicios básicos como luz y agua, pago a los proveedores, arriendo por el uso de oficinas, mantenimiento y limpieza; y otros como el combustible, valores que se detallan a continuación en la tabla 4.7:

DESCRIPCION	VALOR
ISP	6.400,00
Convenio con Canal de TV	3.000,00
Arriendo de Oficinas	300,00
Servicios básicos	250,00
Mantenimiento y Limpieza	300,00
Combustible y Movilización	200,00
	SUBTOTAL: 10.450,00
	IVA: 1.254,00
	TOTAL: 11.704,00

Tabla 4.7: Costos mensuales por Servicios.

4.3.2 Cálculo costos totales para el primer mes de funcionamiento.

Finalmente, en la tabla 4.8 se muestra el costo total de operación y administración de la red de acceso, de acuerdo con los rubros anteriormente detallados:

DESCRIPCIÓN:	VALOR [\$]
Costos por Servicios por mes	11.704,00
Costos por Salarios del personal por mes	13.340,00
TOTAL:	25.044,00

Tabla 4.8: Costos totales para el primer mes de funcionamiento.

4.4 VALOR DEL SERVICIO

Una vez determinadas las necesidades de los potenciales clientes, se han diseñado varios planes, los mismos que están orientados a cubrir un número de elevado de usuarios, los planes son los que se describen a continuación:

SEGMENTO RESIDENCIAL:

- a) **ONLY NET:** Plan orientado a usuarios que únicamente desean tener conexión a Internet. Se ofrece navegación ilimitado las 24 horas con capacidad de 512Kbps. Costo adicional por instalación, incluye modem y soporte técnico permanente.
- b) **ONLY TV:** Paquete diseñado para usuarios que desean exclusivamente TV por cable. Se ofrece un plan de 25 canales. Costo adicional por instalación, incluye modem y soporte técnico.
- c) **MIX TVNET:** Diseñado para usuarios que actualmente cuentan con una línea telefonía y únicamente desean el servicio de Internet y TV por cable. Se ofrece un plan navegación ilimitada las 24 horas con 512 Kbps y 25 canales de TV incluye, modem y soporte técnico.
- d) **TRIPLE PLAY:** Plan diseñado para usuarios que quieren todos los servicios. Se ofrece navegación ilimitada las 24 horas del día con capacidad de 1024 Kbps, 35 canales de TV por suscripción y 600

minutos de telefonía local a la misma operadora o su equivalente a otras operadoras. Incluye, modem y soporte técnico.

SEGMENTO COMERCIAL:

- a) **ONLY NET:** Orientado a empresas que requieren de conexión a internet de gran capacidad. Se ofrece navegación ilimitado las 24 horas con capacidad de 1024Kbps. Costo adicional por instalación, incluye modem y soporte técnico permanente.

- a) **ONLY TV:** Paquete diseñado para usuarios que desean exclusivamente TV por cable. Se ofrece un plan de 35 canales. Costo adicional por instalación, incluye modem y soporte técnico.

- b) **MIX TVNET:** Diseñado para usuarios que actualmente cuentan con una línea telefonía y únicamente desean el servicio de Internet y TV por cable. Se ofrece un plan navegación ilimitada las 24 horas con 1024 Kbps y 35 canales de TV incluye, modem y soporte técnico.

- c) **TRIPLE PLAY:** Plan diseñado para usuarios que quieren todos los servicios. Se ofrece navegación ilimitada las 24 horas del día con capacidad de 2048 Kbps, 35 canales de TV por suscripción y 1000 minutos de telefonía local a la misma operadora o su equivalente a otras operadoras. Incluye, modem y soporte técnico.

SEGMENTO EDUCATIVO:

- b) **ONLY NET:** Se ofrece navegación ilimitado no incluye la noche con capacidad de 1024Kbps. Costo adicional por instalación, incluye modem y soporte técnico permanente.

- c) **ONLY TV:** Paquete diseñado para usuarios que desean exclusivamente TV por cable. Se ofrece un plan de 35 canales. Costo adicional por instalación, incluye modem y soporte técnico.
- d) **MIX TVNET:** Diseñado para usuarios que actualmente cuentan con una línea telefónica y únicamente desean el servicio de Internet y TV por cable. Se ofrece un plan navegación ilimitada las 12 horas con 1024 Kbps y 25 canales de TV incluye, modem y soporte técnico.
- e) **TRIPLE PLAY:** Plan diseñado para usuarios que quieren todos los servicios. Se ofrece navegación ilimitada las 24 horas del día con capacidad de 2048 Kbps, 35 canales de TV por suscripción y 1000 minutos de telefonía local a la misma operadora o su equivalente a otras operadoras. Incluye, modem y soporte técnico.

De esta manera considerando la estimación de la demanda para el primer año de funcionamiento y el valor de inversión inicial se establece el valor del servicio para cada uno de los planes detallados, tomando como referente el punto de equilibrio, y se establece un período de recuperación de la inversión de dos años, durante los que no se esperarían pérdidas ni ganancias, aunque no se descarta que se presenten. La tabla 4.9 muestra los valores de cada uno de los planes:

SEGMENTO:	PLAN	TARIFA MENSUAL	COSTO DE INSTALACIÓN
RESIDENCIAL	ONLY NET	18,50	30
	ONLY TV	15,90	30
	MIX TVNET	25,00	30
	<i>TRIPLE PLAY</i>	46,50	60
COMERCIAL	ONLY NET	35,90	30
	ONLY TV	28,50	30
	MIX TVNET	86,90	30

	<i>TRIPLE PLAY</i>	135,00	60
EDUCATIVO	ONLY NET	30,90	30
	ONLY TV	25,50	30
	MIX TVNET	80,90	30
	<i>TRIPLE PLAY</i>	120,00	60
Precios no incluyen iva. Los costos de instalación deben cancelarse una única vez			

Tabla 4.9: Tarifa mensual del servicio.

Se constata que los precios son competitivos frente a los demás proveedores que ofrecen los servicios por separado, así por ejemplo para un plan residencial en el que se contrata el servicio de Internet Fast Boy de CNT básico 128x64 kbps que tiene un costo de USD 18,00+iva, más un plan de 15 canales de TV cable por USD 25,00+iva, y, adicionalmente se calcula un consumo telefónico promedio de USD 15,00+iva, el cliente tendría que cancelar alrededor de UDS 58+iva. Se observa que el costo del plan *TRIPLE PLAY* es inferior al que se calcula por separado, y presenta la comodidad de manejarlo con un solo proveedor, en una sola factura, adicionalmente se debe resaltar que los valores de los diferentes planes están dentro del rango de precios de las encuestas realizadas donde se tuvo mayor número de clientes que aceptan este valor.

Dentro de estos valores del costo de instalación se considera el costo del módem, cuyo valor está diferido a un año, lo que significa que si el usuario por algún motivo finaliza el contrato antes de este tiempo deberá devolver el equipo, caso contrario, el equipo es de su pertenencia. En caso de daños que estén dentro de la garantía del equipo por ejemplo por fallas de fabricación o de daños por sobre voltajes, la empresa asumirá el valor total de la reposición de uno nuevo, de ser un daño producido por el usuario este deberá asumir la totalidad del valor.

4.5 FLUJO DE CAJA.

Uno de los aspectos más relevantes en el planteamiento de un proyecto es el análisis de la factibilidad para lo cual se cuenta con una herramienta denominada flujo de caja, en la que en base a los datos anuales de ingresos y egresos se puede verificar la rentabilidad del proyecto.

Los indicadores económicos que califican la factibilidad de un proyecto son:

- Valor Actual Neto: VAN
- Tasa Interna de Retorno: TIR
- Relación Beneficio Costo

Valor Actual Neto (VAN): Es el indicador que mide el flujo de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial resulta una ganancia, si el resultado es positivo el proyecto es viable.

El VAN también nos permite determinar cuál proyecto es el más rentable entre varias opciones de inversión. Incluso, si alguien nos ofrece comprar nuestro negocio, con este indicador podemos determinar si el precio ofrecido está por encima o por debajo de lo que ganaríamos de no venderlo.

La fórmula del VAN es:

$$\text{VAN} = \text{BNA} - \text{Inversión}$$

Donde el beneficio neto actualizado (BNA) es el valor actual del flujo de caja o beneficio neto proyectado, el cual ha sido actualizado a través de una tasa de descuento.

Tasa Interna de Retorno (TIR): Es la tasa de descuento de un proyecto de inversión que permite que el BNA sea igual a la inversión. Es la máxima tasa

de descuento que puede tener un proyecto para que sea rentable, pues una tasa mayor ocasionaría que el BNA sea menor que la inversión. Este valor se calcula mediante la fórmula del VAN igualada a cero.

Relación Beneficio Costo: es un indicador que muestra la rentabilidad en términos de cuantos dólares se ganan por cada dólar de inversión. Esta relación se calcula dividiendo el valor presente de los ingresos entre el valor presentes de los egresos. Si este índice es mayor que uno se acepta el proyecto.

4.5.1 DETALLE DE LOS ACTIVOS DE LA EMPRESA.

Los activos fijos lo constituyen los bienes y derechos de una empresa que no están destinados a la venta sino al desarrollo de la actividad de la misma, es decir son todos aquellos que se usan de manera continua en el curso normal de sus operaciones.

Los activos fijos tangibles se consideran todos los bienes de naturaleza material susceptibles de ser percibidos por los sentidos, y se caracterizan por tener una larga duración.

Los activos intangibles se definen al conjunto de bienes inmateriales, representados en derechos, privilegios o ventajas de competencia que son valiosos porque contribuyen a un aumento en ingresos o utilidades por medio de su empleo en el proceso de producción.

La tabla 4.10 muestra los activos tanto tangibles como intangibles de la empresa y los costos de implementación y operación de la red con un valor, aquí se considera un valor de contingencia en caso de emergencias:

ACTIVOS FIJOS TANGIBLES	
Equipos de la Oficina Central	266.000,00
Splitters	7.360,00
Equipos terminales	175.000,00
Inmuebles	18.036,00
Vehículo	25.000,00
TOTAL:	491.396,00
ACTIVOS FIJOS INTANGIBLES	
Software de Monitoreo	49.000,00
Gastos de Constitución	2.700,00
Gastos por Permiso de funcionamiento	5.500,00
TOTAL:	57.200,00
COSTOS DEL SERVICIO	
Materiales	17.439,58
Mano de Obra	28.204,00
SUBTOTAL:	45.643,58
GASTOS ADMINISTRATIVOS Y OPERACIONALES	
Sueldos	11.600,00
Servicios Básicos	250,00
ISP	6.400,00
Arriendo	300,00
Mantenimiento y Limpieza	300,00
SUBTOTAL:	18.850,00
CONTINGENCIAS	
Porcentaje para contingencias	5.508,42
SUBTOTAL:	5.508,42
TOTAL:	70.602,00

Tabla 4.10: Detalle de los activos fijos de la empresa.

4.5.2 CÁLCULO DE DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN DE LOS ACTIVOS

La depreciación del activo fijo refleja la pérdida de valor de los bienes, puede ser definida como el menor valor que experimenta un bien a través de su vida

útil. Las causas que producen reducciones o menor valor en los bienes del activo fijo pueden ser varias:

- Físicas: desgaste por la operación normal del bien.
- Decrepitud: acción del tiempo y de los elementos naturales.
- Funcionales: insuficiencia y obsolescencia.
- Eventuales: accidentes o daños ocasionales.

Tanto los activos fijos tangibles como intangibles suelen sufrir esta pérdida de su valor, para diferenciarlos se usa el término depreciación referido a los activos fijos tangibles, mientras que se denomina amortización para los activos fijos intangibles. Los objetivos de los cargos por depreciación son: garantizar la integridad del patrimonio de la empresa y distribuir equitativamente el valor de los bienes desde el punto de vista de los costos de operación de la empresa.

La vida útil de un activo intangible no debe exceder de 20 años, para el caso de licencias, permisos o concesiones se debe considerar su vigencia, en caso de no conocer con exactitud, se debe usar la menor conocida.

A continuación en las tablas 4.11 y 4.12 se muestra el cálculo de la depreciación y amortización de los activos fijos de la empresa proveedora de servicios *TRIPLE PLAY*:

Descripción	Valor Inicial	Valor de Salvamento	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	% Depreciación	Vida Útil años
Equipos de la Oficina Central	266.000,00	-	53.200	53.200	53.200	53.200	53.200	20	5
Splitters	7.360,00	-	1.472	1.472	1.472	1.472	1.472	20	5
Equipos terminales	175.000,00	-	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000	20	5
Inmuebles	15.036,00	7.210	1.565	1.565	1.565	1.565	1.565	10	10
Vehículo	25.000,00	12.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	10	10
	TOTAL		96.237	96.237	96.237	96.237	96.237		

Tabla 4.11: Cálculo de la depreciación de los activos fijos tangibles.

Descripción	Valor Activo	Año1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Software de Monitoreo	49.000,00	9.800	9.800	9.800	9.800	9.800
Gastos de Constitución	2.700,00	540	540	540	540	540
Gastos por Permiso de funcionamiento	5.500,00	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100
TOTAL	57.200,00	11.440	11.440	11.440	11.440	11.440

Tabla 4.12: Cálculo de amortizaciones de los activos fijos intangibles

4.5.3 CÁLCULO DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA.

De acuerdo a los porcentajes obtenidos en el capítulo 2 sobre el porcentaje de usuarios que contratarán cada uno de los planes que se propone, se consideran los ingresos que se tendrán mensualmente tanto por el costo de la instalación, que debe ser cancelado por una única vez, como por el valor mensual por el servicio.

A continuación se presentan las tablas con los ingresos anuales:

La **Tabla 4.13:** Ingresos año 1

La **Tabla 4.14:** Ingresos año 2

La **Tabla 4.15:** Ingresos año 3

La **Tabla 4.16:** Ingresos año 4

La **Tabla 4.17:** Ingresos año 5

MES	USUARIOS				MENSUALIDADES				INSTALACIONES				TOTAL
	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	
1	54	52	72	260	1.595	1.212	3.882	26.833	1.620	1.560	2.160	13.000	51.862
2	58	54	74	309	1.713	1.258	3.990	31.890	1.740	1.620	2.220	2.450	46.881
3	62	56	76	355	1.831	1.305	4.098	36.638	1.860	1.680	2.280	2.300	51.991
4	66	58	78	397	1.950	1.351	4.205	40.972	1.980	1.740	2.340	2.100	56.639
5	70	60	80	435	2.068	1.398	4.313	44.894	2.100	1.800	2.400	1.900	60.873
6	74	62	82	472	2.186	1.445	4.421	48.713	2.220	1.860	2.460	1.850	65.154
7	78	64	83	505	2.304	1.491	4.475	52.118	2.340	1.920	2.490	1.650	68.789
8	82	66	84	537	2.422	1.538	4.529	55.421	2.460	1.980	2.520	1.600	72.470
9	86	68	85	567	2.540	1.584	4.583	58.517	2.580	2.040	2.550	1.500	75.895
10	90	74	86	595	2.659	1.724	4.637	61.407	2.700	2.220	2.580	1.400	79.326
11	94	76	88	619	2.777	1.771	4.745	63.884	2.820	2.280	2.640	1.200	82.116
12	96	80	90	623	2.836	1.864	4.852	64.296	2.880	2.400	2.700	200	82.029
												TOTAL:	794.024

Tabla 4.13: Ingresos año 1

MES	USUARIOS				MENSUALIDADES				INSTALACIONES				TOTAL
	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	
13	99	84	94	645	2.924	1.957	5.068	66.567	2.970	2.520	2.820	32.250	117.077
14	101	86	96	668	2.984	2.004	5.176	68.941	60	60	60	1.150	80.434
15	103	88	98	691	3.043	2.050	5.284	71.314	60	60	60	1.150	83.021
16	105	90	100	712	3.102	2.097	5.392	73.482	60	60	60	1.050	85.302
17	107	92	101	733	3.161	2.144	5.446	75.649	60	60	30	1.050	87.599
18	109	94	102	752	3.220	2.190	5.499	77.610	60	60	30	950	89.619
19	111	96	103	771	3.279	2.237	5.553	79.571	60	60	30	950	91.740
20	113	98	104	789	3.338	2.283	5.607	81.428	60	60	30	900	93.707
21	115	100	105	796	3.397	2.330	5.661	82.151	60	60	30	350	94.039
22	117	102	106	814	3.456	2.377	5.715	84.008	60	60	30	900	96.606
23	119	104	107	832	3.515	2.423	5.769	85.866	60	60	30	900	98.624
24	123	118	108	835	3.633	2.749	5.199	86.176	120	420	30	150	98.478
												TOTAL:	1.116.245

Tabla 4.14: Ingresos año 2

MES	USUARIOS				MENSUALIDADES				INSTALACIONES				TOTAL
	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	
25	126	120	109	849	3.722	2.796	5.877	87.621	3.780	3.600	3.270	42.450	153.115
26	128	124	110	867	3.781	2.889	5.931	89.478	60	120	30	900	103.189
27	130	128	111	882	3.840	2.982	5.985	91.026	60	120	30	450	104.494
28	132	132	112	898	3.899	3.076	6.039	92.678	60	120	30	480	106.381
29	134	136	113	913	3.958	3.169	6.093	94.226	60	120	30	450	108.105
30	136	140	114	928	4.017	3.262	6.146	95.774	60	120	30	450	109.860
31	138	144	115	943	4.077	3.355	6.200	97.322	60	120	30	450	111.614
32	140	148	116	957	4.136	3.448	6.254	98.767	60	120	30	420	113.235
33	142	152	117	970	4.195	3.542	6.308	100.108	60	120	30	390	114.753
34	144	156	118	977	4.254	3.635	6.362	100.831	60	120	30	210	115.501
35	146	160	119	981	4.313	3.728	6.416	101.244	60	120	30	120	116.030
36	150	164	120	985	4.431	3.821	6.470	101.656	120	120	30	120	116.768
												TOTAL:	1.373.046

Tabla 4.15: Ingresos año 3

MES	USUARIOS				MENSUALIDADES				INSTALACIONES				TOTAL
	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	
37	153	168	123	996	4.520	3.914	6.632	102.792	4.590	5.040	3.690	49.800	180.977
38	155	170	124	1.009	4.579	3.961	6.686	104.133	60	60	30	650	120.159
39	157	172	125	1.021	4.638	4.007	6.740	105.372	60	60	30	600	121.507
40	159	174	126	1.034	4.697	4.054	6.793	106.713	60	60	30	650	123.058
41	160	176	127	1.045	4.726	4.101	6.847	107.849	30	60	30	550	124.193
42	161	178	128	1.057	4.756	4.147	6.901	109.087	30	60	30	600	125.612
43	162	180	129	1.068	4.785	4.194	6.955	110.222	30	60	30	550	126.827
44	163	182	130	1.079	4.815	4.240	7.009	111.358	30	60	30	550	128.092
45	164	184	131	1.089	4.845	4.287	7.063	112.390	30	60	30	500	129.204
46	165	186	132	1.091	4.874	4.334	7.117	112.596	30	60	30	100	129.141
47	166	188	133	1.097	4.904	4.380	7.171	113.215	30	60	30	300	130.090
48	167	190	134	1.102	4.933	4.427	7.225	113.731	30	60	30	250	130.686
												TOTAL:	1.569.546

Tabla 4.16: Ingresos año 4

MES	USUARIOS				MENSUALIDADES				INSTALACIONES				TOTAL
	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	ONLY NET	ONLY TV	MIX TVNET	TRIPLE PLAY	
49	168	193	136	1.111	4.963	4.497	7.333	114.660	5.040	5.790	4.080	55.550	201.912
50	170	195	138	1.121	5.022	4.543	7.440	115.692	60	60	60	500	133.378
51	172	197	140	1.131	5.081	4.590	7.548	116.724	60	60	60	500	134.623
52	174	199	142	1.140	5.140	4.637	7.656	117.653	60	60	60	450	135.716
53	176	201	144	1.150	5.199	4.683	7.764	118.685	60	60	60	500	137.011
54	178	203	146	1.159	5.258	4.730	7.872	119.614	60	60	60	450	138.104
55	180	205	148	1.169	5.317	4.776	7.980	120.646	60	60	60	500	139.399
56	182	207	150	1.178	5.376	4.823	8.087	121.575	60	60	60	450	140.492
57	184	209	152	1.187	5.435	4.870	8.195	122.504	60	60	60	450	141.634
58	186	211	154	1.190	5.494	4.916	8.303	122.813	60	60	60	150	141.857
59	188	213	156	1.193	5.554	4.963	8.411	123.123	60	60	60	150	142.380
60	190	215	158	1.197	5.613	5.009	8.519	123.536	60	60	60	200	143.057
												TOTAL:	1.729.563

Tabla 4.17: Ingresos año 5

4.5.4 CÁLCULO DE LOS EGRESOS DE LA EMPRESA.

Con el detalle de los costos presentados anteriormente, se calculan los egresos para los 5 primeros años de funcionamiento de la empresa, para ello, primero se detallan algunos factores a tomarse en cuenta para el cálculo de los mismos.

De acuerdo con el plan de migración propuesto en el capítulo 3, al tercer año de funcionamiento se planea adquirir los elementos necesarios para cubrir la demanda estimada para este año. La tabla 4.18 muestra dichos elementos:

DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
SPLITTER 1:4	60	4	2.400,00
SPLITTER 1:16	80	16	1.280,00
Onu's FTTc	600	32	19.600,00
Onu's FTTb	190	16	3.040,00
Materiales de Instalación	1,20/ metro	4800 m	5.760,00
		SUBTOTAL:	32.080,00
		IVA:	3.849,60
		TOTAL:	35.929,60

Tabla 4.18: Costos del plan de migración al tercer año

4.5.3.1 Cálculo de la amortización de la deuda

Dentro de los egresos se debe considerar el pago del préstamo y los intereses que se pide a la institución bancaria para cubrir con el valor de la implementación de la red. La tabla 4.19 muestra el detalle con el cual se calcula la amortización del préstamo.

Tasa nominal	17,16%
Tasa efectiva	17,16%
Nper	5
% A financiar	100%
Inversión	668.179,67
Inversión a financiar	\$ 668.179,67

*Valores obtenidos de la página de la superintendencia de bancos-

Período	Saldo Inicial	Pago de Capital	Pago de Interés	Pago total	Saldo Final
1	668179,67	109098,11	67887,05	176985,16	559081,56
2	559081,56	120182,48	56802,69	176985,16	438899,08
3	438899,08	132393,02	44592,15	176985,16	306506,06
4	306506,06	145844,15	31141,02	176985,16	160661,91
5	160661,91	160661,91	16323,25	176985,16	0,00

Tabla 4.19: Tabla de amortización

A continuación, se presentan las tablas con el detalle de los egresos por año:

La **Tabla 4.20:** Egresos año 1

La **Tabla 4.21:** Egresos año 2

La **Tabla 4.22:** Egresos año 3

La **Tabla 4.23:** Egresos año 4

La **Tabla 4.24:** Egresos año 5

MES	EQUIPOS	INSTALACIÓN DE LA RED	ISP	MATERIAL DE INSTALACIÓN	PAGO PRÉSTAMO	PAGO POR INTERCONEXIÓN OPERADORAS	SUELDOS	SERVICIOS BÁSICOS	TOTAL
1	540.131,10	54.013,10		35.600,00					629.744,20
2			8.400,00	24.900,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	850,00	74.958,12
3			8.400,00	21.600,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	850,00	71.658,12
4			8.400,00	20.200,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	850,00	70.258,12
5			8.400,00	13.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	850,00	63.858,12
6			8.400,00	13.700,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	850,00	63.758,12
7			8.400,00	13.300,00	17.468,12	10.000,00	26.680,00	850,00	76.698,12
8			8.400,00	8.200,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	850,00	58.258,12
9			8.400,00	7.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	850,00	57.858,12
10			8.400,00	6.400,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	850,00	56.458,12
11			8.400,00	5.400,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	850,00	55.458,12
12			8.400,00	4.900,00	17.468,12	10.000,00	26.680,00	850,00	68.298,12
								TOTAL	1.347.263,52

Tabla 4.20: Egresos año 1

MES	MANTENIMIENTO	PAGO A PROVEEDORES	ISP	MATERIAL DE INSTALACIÓN	PAGO PRÉSTAMO BANCARIO	PAGO POR INTERCONEXIÓN OPERADORAS	SUELDOS	SERVICIOS BÁSICOS	TOTAL
13	54.013,10	15.000,00	8.400,00	18.700,00	17.468,12		13.340,00	2.304,00	129.225,22
14		15.000,00	8.400,00	17.300,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	83.812,12
15		15.000,00	8.400,00	7.200,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	73.712,12
16		15.000,00	8.400,00	16.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	83.312,12
17		15.000,00	8.400,00	16.400,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	82.912,12
18		15.000,00	8.400,00	15.600,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	82.112,12
19		15.000,00	8.400,00	14.300,00	17.468,12	10.000,00	26.680,00	2.304,00	94.152,12
20		15.000,00	8.400,00	14.200,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.712,12
21		15.000,00	8.400,00	13.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.312,12
22		15.000,00	8.400,00	13.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.312,12
23		15.000,00	8.400,00	13.500,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.012,12
24		15.000,00	8.400,00	13.500,00	17.468,12	10.000,00	26.680,00	2.304,00	93.352,12
TOTAL									1.043.938,54

Tabla 4.21: Egresos año 2

MES	EQUIPOS DE INSTALACIÓN PARA LA MIGRACION	MANTENIMIENTO	PAGO A PROVEEDORES	ISP	MATERIAL DE INSTALACIÓN	PAGO PRÉSTAMO BANCARIO	PAGO POR INTERCONEXIÓN OPERADORAS	SUELDOS	SERVICIOS BÁSICOS	TOTAL
13	39.552,56	57.968,36	15.000,00	8.400,00	38.700,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	192.733,04
14			15.000,00	8.400,00	17.300,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	83.812,12
15			15.000,00	8.400,00	17.200,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	83.712,12
16			15.000,00	8.400,00	16.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	83.312,12
17			15.000,00	8.400,00	16.400,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	82.912,12
18			15.000,00	8.400,00	15.600,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	82.112,12
19			15.000,00	8.400,00	14.300,00	17.468,12	10.000,00	26.680,00	2.304,00	94.152,12
20			15.000,00	8.400,00	14.200,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.712,12
21			15.000,00	8.400,00	13.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.312,12
22			15.000,00	8.400,00	13.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.312,12
23			15.000,00	8.400,00	13.500,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.012,12
24			15.000,00	8.400,00	13.500,00	17.468,12	10.000,00	26.680,00	2.304,00	93.352,12
									TOTAL	1.117.446,36

Tabla 4.22: Egresos año 3

MES	MANTENIMIENTO	PAGO A PROVEEDORES	ISP	MATERIAL DE INSTALACIÓN	PAGO PRÉSTAMO BANCARIO	PAGO POR INTERCONEXIÓN OPERADORAS	SUELDOS	SERVICIOS BÁSICOS	TOTAL
13	57.968,36	15.000,00	8.400,00	38.700,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	163.180,48
14		15.000,00	8.400,00	17.300,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	83.812,12
15		15.000,00	8.400,00	17.200,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	83.712,12
16		15.000,00	8.400,00	16.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	83.312,12
17		15.000,00	8.400,00	16.400,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	82.912,12
18		15.000,00	8.400,00	15.600,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	82.112,12
19		15.000,00	8.400,00	14.300,00	17.468,12	10.000,00	26.680,00	2.304,00	94.152,12
20		15.000,00	8.400,00	14.200,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.712,12
21		15.000,00	8.400,00	13.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.312,12
22		15.000,00	8.400,00	13.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.312,12
23		15.000,00	8.400,00	13.500,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.012,12
24		15.000,00	8.400,00	13.500,00	17.468,12	10.000,00	26.680,00	2.304,00	93.352,12
								TOTAL	1.087.893,80

Tabla 4.23: Egresos año 4

MES	MANTENIMIENTO	PAGO A PROVEEDORES	ISP	MATERIAL DE INSTALACIÓN	PAGO PRÉSTAMO BANCARIO	PAGO POR INTERCONEXIÓN OPERADORAS	SUELDOS	SERVICIOS BÁSICOS	TOTAL
13	57.968,36	15.000,00	8.400,00	14.200,00	17.468,12		13.340,00	2.304,00	128.680,48
14		15.000,00	8.400,00	13.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.312,12
15		15.000,00	8.400,00	13.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.312,12
16		15.000,00	8.400,00	13.500,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.012,12
17		15.000,00	8.400,00	13.500,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	80.012,12
18		15.000,00	8.400,00	12.600,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	79.112,12
19		15.000,00	8.400,00	12.300,00	17.468,12	10.000,00	26.680,00	2.304,00	92.152,12
20		15.000,00	8.400,00	11.200,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	77.712,12
21		15.000,00	8.400,00	10.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	77.312,12
22		15.000,00	8.400,00	10.800,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	77.312,12
23		15.000,00	8.400,00	10.500,00	17.468,12	10.000,00	13.340,00	2.304,00	77.012,12
24		15.000,00	8.400,00	10.500,00	17.468,12	10.000,00	26.680,00	2.304,00	90.352,12
TOTAL									1.020.293,80

Tabla 4.24: Egresos año 5

4.5.4.2 Cálculo del flujo de caja.

El flujo de caja es la información que se utiliza para realizar el análisis de rentabilidad de un proyecto, se calcula de acuerdo con los ingresos y egresos anuales de la empresa.

En base a los resultados obtenidos en el flujo de caja presentado en la tabla 4.25, se calculan los parámetros financieros TIR (Tasa Interna de Retorno) y VAN (Valor Actual neto), obteniendo los siguientes resultados:

TIR=25,01%

VAN= 175.601,87

De acuerdo al folleto “Análisis cuota – beneficio” de la Sociedad Latinoamericana para la calidad se considera que un proyecto es viable si tiene un TIR mayor o igual al 16%, por lo que el proyecto presentado para la implementación de la red de acceso que ofrecerá el servicio TRIPLE PLAY en la ciudad de Ibarra, es factible.

SIGNO	DESCRIPCIÓN	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
	Ingresos						
+	Ingresos por instalación		110.890,00	52.220,00	59.910,00	69.830,00	76.740,00
+	Ingresos por mensualidades		683.134,32	1.064.024,64	1.313.136,02	1.499.715,83	1.652.822,86
+	Otros		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
+	Préstamo	668.179,67					
	TOTAL INGRESOS:	668.179,67	794.024,32	1.116.244,64	1.373.046,02	1.569.545,83	1.729.562,86
	Egresos						
-	Salarios		173.420,00	186.760,00	186.760,00	186.760,00	186.760,00
-	Servicios		202.400,00	220.800,00	220.800,00	220.800,00	220.800,00
-	Intalación de Equipos	54.013,00			3.955,26		
-	Compra de Equipos	540.131,10			39.552,56		
-	Mantenimiento			54.013,10	54.013,10	57.968,36	57.968,36
-	Materiales		175.800,00	175.100,00	205.100,00	205.100,00	147.500,00
-	Inmuebles	43.036,00					
-	Costos por constitución	8.200,00					
-	Mano de obra	22.799,57					
-	Pago de la deuda		209.617,41	209.617,41	209.617,41	209.617,41	209.617,41
-	Depreciación		95.514,00	95.514,00	95.514,00	95.514,00	95.514,00
-	Amortización de activos diferidos		11.440,00	11.440,00	11.440,00	11.440,00	11.440,00
	TOTAL EGRESOS:	1.336.359,34	868.191,41	953.244,51	1.026.752,32	987.199,76	929.599,76
	Utilidad antes de participación e impuestos	-668.179,67	-74.167,08	163.000,13	346.293,70	582.346,07	799.963,09
-	Participación a trabajadores (15% de la utilidad)	-	-	40.750,03	86.573,43	145.586,52	199.990,77
	Utilidad antes de impuestos	-668.179,67	-74.167,08	122.250,10	259.720,28	436.759,55	599.972,32
+	Impuesto a la renta (25%)	-	-	30.562,52	64.930,07	109.189,89	149.993,08
+	Depreciación		95.514,00	95.514,00	95.514,00	95.514,00	95.514,00
	Amortización de activos diferidos		11.440,00	11.440,00	11.440,00	11.440,00	11.440,00
	FLUJO DE FONDOS	-668.179,67	32.786,92	198.641,57	301.744,21	434.523,66	556.933,24

Tabla 4.25: Flujo De caja.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se expone de manera concreta, práctica y asimilable las soluciones y alternativas que se obtuvieron como conclusiones en la realización del estudio de factibilidad para una red de acceso mediante combinación de tecnologías FTTx para ofrecer servicios *TRIPLE PLAY*, las mismas que podrán servir de sustento para la generación de proyectos similares.

Adicionalmente se presentan recomendaciones encaminadas a mejorar el área de prestación de servicios de Telecomunicaciones y se mencionan aspectos importantes en la realización de un proyecto con estas particularidades.

5.1 CONCLUSIONES

- Los diferentes tipos de redes de acceso proporcionan ventajas de acuerdo al escenario en donde se implementan, para el caso de este proyecto se hace factible el uso de redes ópticas que garantizan la capacidad necesaria para la prestación de servicios *TRIPLE PLAY*. Las redes ópticas pasivas presentan mayor seguridad y menor número de equipos activos en la red lo que a su vez reduce los costos de mantenimiento e implementación.
- En el campo de este tipo de red, se describieron las tecnologías FTTx, donde la fibra llega a diferentes puntos tratando de acercarse cada vez más al usuario, así la fibra puede llegar desde hasta la central e incluso hasta el domicilio del abonado, cada una de estas variantes presenta ventajas y desventajas que la hacen adecuada para diferentes escenarios donde pueden resultar rentables y eficientes.

- Se tomó como referencia a una ciudad donde aún no se ha propuesto la prestación de paquetes *TRIPLE PLAY* como es Ibarra y se determinaron tres grupos de potenciales clientes de acuerdo con sus requerimientos: residenciales, comerciales y educativos. Para establecer un modelo de diseño de la red, se escogió un sector en el cual se puede encontrar diversidad de clientes por lo que se establece al centro de la ciudad como sector de análisis.
- Los proveedores de servicios tratan en lo posible de aprovechar la infraestructura que tienen implementada en cobre, razón por la cual se afirma que la tecnología VDSL es una de las mejores alternativas que permiten la utilización adecuada del cobre para ofrecer servicios que requieren una gran capacidad en ancho de banda. En este proyecto se consideró apropiado el uso de VDSL pues la ubicación final de los clientes no excedía de 300m de los armarios ubicados en sectores estratégicos. La división del área seleccionada para el diseño en cuatro zonas y dieciséis sectores facilitó en gran medida el diseño.
- Para establecer de manera adecuada el dimensionamiento de la red para el diseño de este proyecto se estratificó a la población de acuerdo a características similares, con esto se aumenta la precisión de la muestra a la cual se encuestó tomando en cuenta sus conocimientos, así fue necesario elaborar tres tipos de encuestas diferentes. Debido a que la muestra del sector comercial y educativo era relativamente baja se realizó la encuesta a la totalidad de la población, para obtener los datos más reales posibles.
- De acuerdo con el estudio de la demanda realizado por medio de encuestas, se determinó un número de clientes interesados en el paquete *TRIPLE PLAY* y paquetes que incluyen por lo menos dos de los tres servicios, con la proyección de la demanda para un período de 5 años, se realizó el dimensionamiento de la red seleccionando como mejores alternativas a FTTC para ofrecer servicio a los clientes residenciales,

donde la fibra llega hasta armarios localizados estratégicamente y, para los usuarios comerciales y educativos se decidió emplear la tecnología FTTB, de tal manera que se aproxima la fibra hasta el cuarto de telecomunicaciones o armarios de los edificios donde se ubican dichas entidades.

- Para establecer los costos referenciales de la red, se presentaron dos opciones en cuanto a equipos disponibles para redes ópticas, debido a diferentes políticas de privacidad por parte de los fabricantes y distribuidores de estos equipos, no fue posible obtener precios oficiales, razón por la que se establecieron costos referenciales y se escogieron equipos que básicamente presenten interoperabilidad entre marcas y garanticen los niveles de operación óptimos para la red.
- A partir del diseño inicial, y una vez transcurrido un período de dos años, es necesario un plan de migración que permita crecer a la red de acuerdo al crecimiento de la demanda de los usuarios de tal forma que se pueda aprovechar al máximo la capacidad de la red.
- Se estableció un presupuesto referencial de implementación de la red, en el que se incluyeron los costos de operación y mantenimiento para determinar el valor del servicio que permita competir con las empresas que ofrecen servicios de Telecomunicaciones y establecer la factibilidad del proyecto mediante la elaboración de un flujo de caja.
- Luego de realizar en detalle las tablas anuales tanto de ingresos como de egresos, se empleó el flujo de caja para el cálculo de los parámetros financieros VAN y TIR que permiten determinar la factibilidad de este proyecto.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se exhorta a los organismos de control y regulación de las telecomunicaciones en el país exijan a los proveedores de servicios un

detalle mensual del número de clientes con los que cuentan, detallados por provincias y ciudades de manera que se tenga una idea real del crecimiento de cada una de estas localidades.

- Se recomienda a los proveedores de servicios se tome en cuenta alternativas como FTTC y FTTB para acercar la fibra al usuario final, aprovechando la capacidad de la fibra y bajando los costos de instalación con respecto a FTTh y aprovechan la infraestructura tendida en cobre.
- Para obtener datos reales de la estimación de la demanda se recomienda estratificar a la población de acuerdo a características comunes y elaborar encuestas fáciles de entender y no muy largas ya que la gente no tiene la predisposición de responderlas.
- El presupuesto inicial para la implementación y operación de un proyecto debe tratarse de manera más minuciosa, en lo posible se deben tener datos de más de tres proveedores de equipos de tal manera que se pueda elegir la alternativa que ofrezca mayores beneficios a costos razonables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Direcciones Electrónicas

- [1] [http:// www.monografias.com](http://www.monografias.com): “Tecnologías en las Redes de Acceso”
- [2] <http://www.adslayuda.com/vdsl.html>
- [3] <http://www.conatel.gov.ec>
- [4] <http://www.supertel.gov.ec>
- [5] http://www.supertel.gov.ec/pdf/estadisticas/historico_acceso_internet.pdf
- [6] <http://www.cnt.com.ec/index.php>
- [7] <http://www.interactive.net.ec/>
- [8] <http://www.grupotvcable.com.ec>
- [9] <http://www.transelectric.com.ec>
- [10] <http://www.supercias.gov.ec>
- [11] <http://www.monografias.com/trabajos14/acceso-atm/acceso-atm2.shtml>
- [12] <http://www.monografias.com/trabajos12/muestam/muestam.shtml>
- [13] http://www.citel.oas.org/newsletter/2007/enero/multiservicio_e.asp
- [14] www.motorola.com/
- [15] www.tellabs.com/products/
- [16] www.telnet-ri.es
- [17] www.tfosolutions.com/
- [18] www.tainet.net/
- [19] [www..salira/onu/ONU 3347.htm](http://www.salira/onu/ONU_3347.htm)
- [20] <http://kasda.manufacturer.globalsources.com/pdtl/DSL-modem>
- [21] <http://www.gts-mx.com/>
- [22] <http://esp.hyperlinesystems.com/>

[23] <http://www-wsp.adckrone.com/es>

Libros y Publicaciones

[21] La red de acceso Capítulo 8, TELEFONICA ESPAÑA

[22] “Redes de Acceso de Banda Ancha:Arquitectura, Prestaciones, Servicios y Evolución”.pdf, Julio Berrocal, Enrique Vázquez,2003

[23] “Sistemas de Telecomunicaciones con Tecnología HFC”.pdf Ing. Nelson Asanza G.

[24] Tecnologías de Transmisión de datos de las Redes WAN, Paz, Ariel

[25] Arquitecturas xPON .pdf , García Bish, Jorge, 2009-11-04

[26] Estadísticas Listado empresas 30Sep08.pdf, Supertel

[27] RENOVACION_ANDINATEL_SAV[1].pdf

[28] Publicación LUTROL S.A.pdf

[29] Cine_cable_tv_web[2].pdf

[30] FROSERO [1].pdf

[31] Matriculas 2007-2008, Dirección Provincial De Educación De Imbabura.

[32] Survey Sampling, Kish, L. (1965). New York: John Wiley.

[33] Redes FTTx Conceptos y Aplicaciones, Ing. Miguel Lattanzi, Lic. Agustín Graf

[34] FTTx: El futuro de la banda ancha, Francisco Javier Cortés, José Manuel Laín

[35] Fibras en el Bucle Local, Cristiano H. Ferraz, Noviembre de 2007

[36] Redes Ópticas, Optical Communications Group FIAT-LUX

[37] FTTH como Infraestructuras de Banda Ancha ACOME, Bermejo Gustavo, Septiembre 2006

[38] Comparativa de tecnologías para redes FTTH: PON, P2P, o Active Ethernet, APFUTURA

[39] Redes ópticas, Tamarit Beatriz Ortega

Otros Documentos

[40] Información entregada por el CNT

[41] Información entregada por el Municipio de Ibarra

Recomendaciones UIT-T

[42] Recomendación UIT-T G.983.1: Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas