



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EMPRESARIAL DE
GUAYAQUIL**

**TRABAJO DE GRADO
PARA LA OBTENCIÓN AL TÍTULO DE:**

Ingeniero en Sistemas Mención Redes y Comunicaciones

TEMA:

**Estudio y diseño de una Red FTTH para el sector sur de
Machala**

AUTOR:

Arterio Genaro Merchán Ruilova

SEPTIEMBRE 2015

GUAYAQUIL-ECUADOR

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida y la oportunidad de llegar a este momento tan especial, cada día es una bendición de mi Padre Celestial, gracias por no dejarme desfallecer y llegar a culminar mis estudios universitarios.

A mis dos grandes amores, a quienes solo Dios antecede, mi maravillosa esposa Marisol quien ha estado junto a mí en las buenas y en las malas, ha sido un pilar fundamental para lograr esta meta. A mí adorada hija Cristhy mi fuente de Vida, Esfuerzo, Perseverancia y Amor.

Mis amados Padres, ejemplo de Vida, sacrificio y honestidad, quienes fueron mi génesis, los que sembraron esa semilla y que con este trabajo se cosechara su fruto.

A mis queridos hermanos de la Vida Johny y Leydy, compañeros en las aulas y fuera de ellas, con quienes comenzamos este reto hace 5 años, su apoyo fue fundamental, agradezco a Dios haberlos conocido.

A la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil que me dio la oportunidad que muchas otras universidades no lo hacen de permitir estudiar a personas que necesitamos trabajar para cubrir nuestros estudios y sustentar a nuestras familias. A todos los docentes quienes compartieron sus conocimientos y experiencias para mi formación.

DEDICATORIA

A pequeña princesa Cristhy y mi amada esposa Marisol, a quienes no pude acompañar en muchas ocasiones especiales por mis frecuentes viajes a la universidad, quienes más de una madrugada de sábado interrumpí su descanso mientras me alistaba para salir de viaje.

A todos aquellos que pese a circunstancias desfavorables luchan por superarse, que logran sus metas con sacrificio y honestidad, que dan todo su esfuerzo por cumplir sus sueños llevando siempre a Dios en su corazón.

**La Responsabilidad de este trabajo de investigación,
con sus resultados, conclusiones y recomendaciones,
pertenece exclusivamente al autor.**

.....

FIRMA

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	IV
INTRODUCCION.....	VII
CAPITULO I MARCO TEORICO	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.1.1. Antecedentes Historicos.....	1
1.1.2. Antecedentes científicos.....	1
1.2. Situación Problemica.....	2
1.3. Planteamiento del problema	3
1.4. Objetivo general.....	4
1.4.1. Objetivos especificos.....	4
1.5. Justificación y viabilidad.....	4
1.6. Fibra óptica.....	5
1.6.1. Definicion de Fibra Optica	5
1.6.2. Tipos de fibra optica.....	6
1.6.3. Ventajas de la fibra optica	9
1.6.4. Desventajas de la fibra optica	12
1.6.5. Factores limitantes de la transmision	12
1.6.6. Fuentes Ópticas	16
1.7. Redes FTTX	16
1.7.1. Clasificacion de las Redes FTTx.....	17
1.7.2. Arquitecturas de redes de acceso Óptico FTTx	18
1.8. Redes PON.....	19

1.8.1. GPON.....	19
1.8.2. Elementos de una RED PON	21
1.8.3. Arquitectura de Redes PON	25
1.9. Otras Tecnologías	27
1.9.1. ADSL.....	27
CAPITULO II	29
METODOLOGIA	29
2.1. Enfoque de la Investigación.....	29
2.1.1. Enfoque Cualitativo	30
2.1.2. Enfoque Cuantitativo	30
2.2. Diseño de la Investigación	30
2.3. Tipo de Investigación	32
2.4. Métodos de Investigación	33
2.4.1. Método Inductivo	33
2.4.2. Método Deductivo	33
2.5. Técnicas de recolección de datos.....	34
2.5.1. Encuesta	34
2.5.2. Recopilación y revisión bibliográfica.....	34
2.6. Técnicas para procesar y cuantificar datos.....	35
2.7. Población y Muestra	37
2.7.1. Población	37
2.7.2. Muestra	38
2.8. Análisis de Resultados.....	41
CAPITULO III	48

PROPUESTA.....	48
3.1. Estudio de Mercado.....	48
3.1.1. Potenciales clientes.....	48
3.1.2. Análisis del Consumidor.....	48
3.1.3. Competencia	50
3.1.4. Competidores directos.	52
3.1.5. Competidores indirectos.....	54
3.1.6. Precios del Mercado.....	54
3.1.7. Análisis FODA.....	56
3.2. Estudio Técnico	57
3.2.1. Tamaño del proyecto.....	57
3.2.2. Ingeniería del proyecto.....	59
3.3. Estudio Económico-Financiero	71
3.3.1. Costo del Nodo Central	71
3.3.2. Costos Ruta 1	71
3.3.3. Costo Ruta 2	72
3.3.4. Tendido de las Rutas	73
3.3.5. Costo de Equipos	74
3.3.6. Costo Total del Diseño	74
Conclusiones	78
Recomendaciones	79
Bibliografía.....	80
ANEXOS.....	84

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1.1: Crecimiento de Usuarios de Internet	3
Figura 1.2: Comparación entre las frecuencias de la luz visible y las empleadas típicamente por fibras ópticas.	6
Figura 1.3: Propagación de la luz en fibra monomodo	7
Figura 1.4: Atributos de fibra monomodo.	7
Figura 1.5: propagación de luz en fibra multimodo índice gradual	8
Figura 1.6: Fibra óptica instalada por Transelectric	10
Figura 1.7: Parámetros de interfaces Gigabit Cisco	11
Figura 1.8: Formula de la atenuación o pérdida total de potencia.	13
Figura 1.9: Atenuaciones en cables de fibra óptica	13
Figura 1.10: Ejemplo de Desplazamiento Axial	14
Figura 1.11: Entrehierro por desplazamiento.	15
Figura 1.12: Desplazamiento Angular	15
Figura 1.13: Acabado superficial imperfecto	16
Figura 1.14: G.984.1 – Arquitectura de red	18
Figura 1.15: Ancho de Banda GPON	21
Figura 1.16: OLT Huawei MA5608T	22
Figura 1.17: ONT GPON HG861	23
Figura 1.18: Tabla de perdida de potencia por splitters	24
Figura 1.19: Splitter ¼	25
Figura 1.20: Arquitectura Punto a Punto	26
Figura 1.21: Arquitectura Punto a Multipunto	26
Figura 1.22: Splitter ADSL	28
Figura 1.23: Esquema ADSL	28

CAPITULO II

Figura 2.1: Esquema de Variables	31
Figura 2.2: Proceso para efectuar análisis estadístico	36
Figura 2.3: Formula para cálculo de muestra para población finita	39
Figura 2.4: tabla de valores para nivel de confianza (Z)	40
Figura 2.5: Tabla de valores para la precisión (d)	40
Figura 2.6: Genero de Encuestados	41
Figura 2.7: Edad de los Encuestados	42
Figura 2.8: Utilizan internet	42
Figura 2.9: Proveedores Actuales	43
Figura 2.10: Actividades realizadas en Internet	43

Figura 2.11: Satisfacción del cliente con los proveedores actuales	44
Figura 2.12: Medios de enlace actuales	44
Figura 2.13: Problemas de los proveedores Actuales	45
Figura 2.14: Ancho de Banda utilizado	45
Figura 2.15: Conoce Netlife	46
Figura 2.16: Adquirir servicio por Fibra Óptica	46
Figura 2.17: Poder adquisitivo del Sector de Estudio	47
CAPITULO III	
Figura 3.1: Actividades de los usuarios en Internet	49
Figura 3.2: Velocidad promedio de descarga por ISP de Ecuador	50
Figura 3.3: Medios de comunicación utilizados en el sector	51
Figura 3.4: Problemas más frecuentes con el servicio	51
Figura 3.5: Participación de Mercado Competidores directos	53
Figura 3.6: Participación de Mercado Escala Nacional	53
Figura 3.7: Precios de planes CNT EP	54
Figura 3.8: Precios de planes TV Cable	55
Figura 3.9: Precios competidores indirectos	55
Figura 3.10: Zona de Cobertura	57
Figura 3.11: Fibra 144 hilos	58
Figura 3.12: Diagrama lógico de la Red	60
Figura 3.13: Distribución de Zonas de Cobertura	61
Figura 3.14: Distribución de la Red FTTH Zona 18	62
Figura 3.15: Distancias de fibra de la Ruta 1	63
Figura 3.16: Distancias de fibra de la Ruta 2	64
Figura 3.17: Escenario para cliente en Ruta 1 máximo alcance	65
Figura 3.18: Calculo máxima atenuación Ruta 1	66
Figura 3.19: Escenario para cliente en Ruta 2 máximo alcance	66
Figura 3.20: Calculo máxima atenuación Ruta 1	67
Figura 3.21: Conexión entre splitter y OLT	68
Figura 3.22: Velocidad por usuarios según abonados por puerto	69
Figura 3.23: Calculo de usuarios de la Red	69
Figura 3.24: Tabla de costos de equipos y materiales nodo central	71
Figura 3.25: Tabla de costo de la Ruta 1	72
Figura 3.26: Tabla de costo de la Ruta 2	73
Figura 3.27: Costos tendido Fibra Óptica	74
Figura 3.28: Costos de equipos para Fibra Óptica	74
Figura 3.29: Costo total del diseño	75

RESUMEN

La orientación de este proyecto es realizar el Estudio Técnico – Económico de la red de comunicaciones para el sector Sur de Machala delimitado al Norte por el Antiguo Aeropuerto de Machala, al sur por las Camaroneras, al Oeste por la Ave. Las Palmeras, al Este por la Ave. Colon Tinoco.

Para la parte técnica del proyecto se realizara el diseño de la red utilizando las recomendaciones de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones), específicamente las recomendaciones para FTTH (Fiber to the Home – Fibra hasta el hogar).

Este proyecto contiene 3 capítulos en los que se aborda conceptos técnicos, metodología para la investigación y la propuesta.

En el primer capítulo se hace un breve estudio de la necesidad del hombre por comunicarse y transmitir información, dejando sentado que este es el origen del internet y las grandes redes. También se aborda la situación Problemática, los objetivos a cumplir con el desarrollo de este proyecto.

Debido al Creciente número de abonados y al aumento del requerimiento de ancho de banda se ha optado basar el diseño utilizando la arquitectura punto – multipunto aplicando FTTH, por tal motivo en este capítulo se exponen conceptos técnicos, recomendaciones, tipos, ventajas y desventajas de la fibra óptica. Se describe el concepto y elementos de las redes GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network).

De los resultados de la encuesta se tiene que el proveedor con más participación de mercado utiliza tecnología ADSL, por tal motivo citan conceptos técnicos, elementos y su esquema de red.

En el segundo capítulo analizaremos el enfoque de la investigación a realizar, el diseño y sus variables; se define el tipo de investigación y las metodologías a utilizar.

Se seleccionara el método de la recolección de datos, que para el presente estudio fue la encuesta, para eso fue necesario definir la población de estudio, y el respectivo cálculo de la muestra utilizando las tablas de nivel de confianza y precisión.

Para la tabulación de los datos recolectados, se utilizó el software IBM SPSS, por lo que se describe en este capítulo sus características y entornos de trabajo, posteriormente se realiza el análisis de los resultados obtenidos en cada pregunta de nuestra encuesta.

En el tercer capítulo realizaremos el estudio del mercado, analizaremos a nuestros potenciales clientes, la competencia tanto directa como indirecta, sus precios de mercado. También exponemos la matriz FODA del proyecto,

En el estudio Técnico delimitaremos el tamaño del proyecto, en lo concerniente a la ingeniería del proyecto se define el diseño lógico de la red, su esquema físico por zonas, la distribución de cada zona en cuanto a splitters, analizaremos las distancias de fibra óptica a cada elemento de la red (Cajas de distribución de fibra y Splitters). Con la información de las distancias, se tomara la máxima distancia de cada ruta para realizar el estudio del presupuesto del enlace, con los resultados se da la recomendación de la atenuación que debe soportar los equipos que van a ser instalados donde el cliente.

También se grafica el primer nivel de splitters a nivel del nodo central, se calcula el ancho de banda por usuario en u escenario en el que la red estuviera

trabajando al 100% de su capacidad. Calculamos la capacidad actual de abonados soportada por el diseño, y su escalabilidad de usarse todos los hilos de fibra disponibles.

En el aspecto Económico - financiero presentamos los cuadros de costos del nodo central, las rutas 1 y 2, su despliegue en cuanto a mano de obra, con esta información se realizó el costo del diseño de la red troncal por abonado. También se presenta un cuadro con el costo de los equipos para trabajar con fibra óptica, como lo es la fusionadora y OTDR.

Este documento contiene la información requerida para el diseño de una red FTTH para el sector sur de Machala.

ABSTRACT

The focus of this project is to make the Technical Study - Economic communications network for South Machala delimited on the north by the Old Machala Airport by the south with shrimping farming, by west avenue Las Palmeras, by east avenue Colon Tinoco.

For the technical part of the project the network design will be made using the recommendations of the ITU (International Telecommunication Union) recommendations specifically for FTTH (Fiber to the Home).

This project contains 3 chapters where there are technical concepts as research methodology and proposal.

In the first chapter makes a brief study about need of man to communicate and transmit information, making it clear that this is the origin of the Internet and large networks. Problematic is also the situation addressed with the objectives to carry out the development of this project.

Due to the increasing subscriber numbers and the increasing requirement for bandwidth it has opted to base the design using point architecture - multipoint using FTTH, for that reason in this chapter there are technical concepts, recommendations, types, advantages and disadvantages of optical fiber . It described the concept and elements of GPON networks (Gigabit-capable Passive Optical Network).

The results of the survey is to be the provider with more market share using ADSL technology, for that reason cited technical concepts, elements and networking scheme. In the second chapter we approach to conduct research, design and variables; the type of research and methodologies to be used are defined.

The results of the survey is to be the provider with more market share using ADSL technology, for that reason cited technical concepts, elements and networking scheme.

In the second chapter we approach to be carried out research, design and variables; defines the type of research and the methodologies that will be used.

The method of data collection was selected, that for this study was a survey, it was necessary to define the study population, and the respective sample calculation using tables confidence level and accuracy.

For the tabulation of the data collected, IBM SPSS software was used, in this chapter is described the characteristics and work environment, then the analysis of the results of each question in our survey.

In the third chapter we will study the market, analyze our potential customers, both direct and indirect competition, their market prices. Also expose the FODA matrix of the project.

The Technical Study delimiting the size of the project, with regard to the engineering of the project defines the logical network design, its physical layout for zones, the distribution of each area as far as splitters, we will analyze optical fiber distances to each element of the network (fiber distribution boxes and Splitters). With the information of distances, the maximum distance of each route was taken for the study of link budget, with the results given the recommendation of the attenuation must support equipment that will be installed where the customer.

The first level of splitters are also graphic in the central node, bandwidth per user or setting in which the network was working at 100% capacity is

calculated. We estimate the current subscriber capacity supported by design, and its scalability of used all available fiber wires.

On the economic side - we present the financial costs tables central node, routes 1 and 2, deployment in as to labor with this information the cost of backbone network design per customer was performed. A table showing the cost of equipment for working with fiber optics is also present, as is the splicer and OTDR.

This document contains the information required for the design of a FTTH network for the southern sector in Machala.

INTRODUCCION

La evolución de las tecnologías de la información, con ello la convergencia de servicios en diferentes portales como un ejemplo claro tenemos las redes sociales podemos exponer Facebook, esta página nos permite interactuar subiendo y bajando fotos y videos además realizar video conferencias, servicios como Netflix para ver películas online, sitios como YouTube a los que a más de poder ver videos podemos crear una cuenta y subir videos, también podemos jugar online y un servicio que está creciendo el de las nueve en internet, diversos sitios tienen disponibles este servicio gratuito hasta cierta capacidad podemos citar a los más conocidos Google Drive, Dropbox, OneDrive de Microsoft.

Estos servicios y el aumento de abonados a internet están demandando que las redes sean capaces de transmitir mayores anchos de banda, las redes actuales de cobre y radio enlaces soportan un limitado ancho de banda. El presente proyecto tiene como objetivo la creación de una red FTTH para un definido sector de estudio que cubra estas necesidades de los usuarios.

Su característica principal es el uso de fibra óptica hasta el hogar, lo que permitirá brindar confiabilidad, estabilidad y escalabilidad a los usuarios. En el desarrollo del proyecto se analizan conceptos sobre el medio a utilizar, arquitectura, recomendaciones y se cierra con el diseño propuesto y el costo de la red.

CAPITULO I MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. ANTECEDENTES HISTORICOS

La humanidad desde sus inicios ha tenido la necesidad de comunicarse, esto lo podemos validar en los diferentes métodos que ha utilizado el hombre a través de la historia, como ejemplo tenemos:

- ✓ Las señales de humo utilizadas por los indios de Norte América.
- ✓ Los chasquis en el Imperio Inca.

Estos hechos históricos nos demuestran la necesidad de la humanidad de transmitir información de un punto a otro. Con la evolución de la tecnología hoy en día tenemos diversos medios de comunicación.

1.1.2. ANTECEDENTES CIENTIFICOS

El internet tiene su génesis en la década de los 60's, su origen fue la necesidad de los Estados Unidos de América de mantener comunicaciones debido a una posible guerra nuclear durante la guerra fría.

Con financiamiento del pentágono en 1969 se tenía lista la primera red en la universidad de California (UCLA - University of California, Los Ángeles), este acontecimiento fue el nacimiento de **ARPANET** (Advanced Research Projects Agency NETwork), quien fue el inicio de lo que hoy conocemos como Internet.

Para 1972 **ARPANET** estaba conformada por 37 redes, para 1983 el segmento militar forma su propia red denominada **MILNET** (Military Network en español Red Militar).

1.2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

La evolución a escala mundial de las telecomunicaciones se da a pasos agigantados, esto en función de los requerimientos de aplicaciones y servicios que actualmente tenemos en la Red, como lo son Redes sociales, películas online, video Conferencia, etc. Actualmente es posible ver una conferencia dictada en Japón desde la comodidad de nuestro hogar.

A parte de este crecimiento en el consumo de ancho de banda, también debemos analizar el crecimiento significativo de los abonados que se ha experimentado en los últimos años, esto genera un gran reto, como brindar un servicio de calidad a una multitud de usuarios.

Analizando este escenario podemos validar que en la ciudad de Machala no dispone de una red de acceso capaz de soportar altas demandas de ancho de banda y un crecimiento significativo de abonados (Ver Figura 1), los medios convencionales de conexión que ofrecen actualmente los proveedores de internet tiene en sus redes limitada escalabilidad, fiabilidad y estabilidad, estos medios a los que hacemos referencia son ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) y Radio Enlace que los veremos más en detalle en la sección 1.9. del desarrollo de este capítulo.

Con la llegada del cable submarino PCCS (Pacific Caribbean Cable System) se tiene estimado un tráfico de 80 Terabits por segundo (Nixon, 2015), este proyecto nos llevara a otro nivel de conectividad igual al de países desarrollados.

De mantenerse las redes actuales en la ciudad de Machala, la nueva capacidad que llegara al país no podrá ser aprovechada por los abonados a estas redes tradicionales.

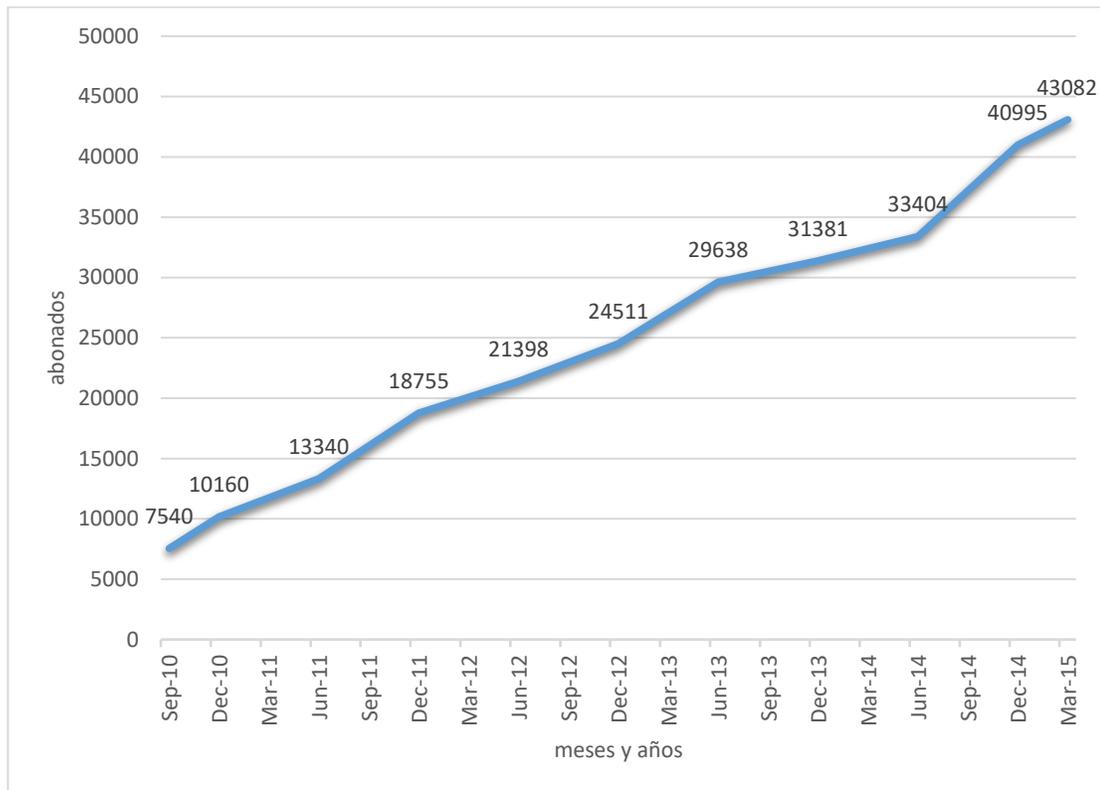


Figura 1.1: Crecimiento de Usuarios de Internet

Fuente: Elaborado por autor con datos de ARCOTEL

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cómo diseñar una red de fibra óptica FTTH (Fiber to the Home en español Fibra hasta el Hogar) que permita tener un mayor ancho de banda, para elevar la satisfacción de los usuarios y disminuir costos de instalación en el sector Sur de Machala?

1.4. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una red de fibra óptica FTTH para el sector Sur (Limite Norte Antiguo Aeropuerto de Machala, al Oeste con la Ave. Las Palmeras, al Este con la Ave. Colon Tinoco y al Sur con las Camaroneras) de la ciudad de Machala que permita tener un mejor ancho de banda en comparación con las tecnologías actuales, satisfacción de los usuarios y a bajo costos de instalación beneficiando bilateralmente tanto a Proveedor como Usuario.

1.4.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Establecer los fundamentos teóricos sobre redes FTTH.
- ✓ Caracterizar el estado actual de la conectividad del sector sur de Machala, sus necesidades con respecto al servicio y ancho de banda.
- ✓ Diseñar mediante el uso de herramientas informáticas el esquema de red de las rutas de fibra Óptica que pretende implementar en el Sector Sur de la ciudad de Machala.
- ✓ Obtener el valor de la inversión inicial del diseño de la red y su costo de implementación por abonado.

1.5. JUSTIFICACIÓN Y VIABILIDAD

Con el desarrollo del presente trabajo de investigación, nos permitirá obtener el conocimiento científico del funcionamiento de las redes FTTH con tecnología GPON, su aplicación, ventajas y desventajas.

Como lo veremos en la sección 1.7. y 1.8. las redes FTTH son de alto rendimiento y escalabilidad, entre sus principales características para incrementar anchos de banda a los abonados solo es necesario cambiar los

módulos de transmisión/recepción del nodo central y el equipo instalado del lado del abonado, la red de acceso se utiliza íntegramente.

Con la información científica recopilada podremos analizar si es aplicable en la ciudad de Machala, los beneficios que ofrecerá a los abonados en contraste con las tecnologías actuales utilizadas.

1.6. FIBRA ÓPTICA

1.6.1. DEFINICION DE FIBRA OPTICA

Los cables de fibra óptica son similares a los coaxiales, excepto por el trenzado. [...] Al centro se encuentra el núcleo de vidrio, a través del cual se propaga la luz. En las fibras multimodales, el núcleo es por lo general de 50 micras de diámetro, aproximadamente el grosor de un cabello humano. En las fibras de monomodo, el núcleo es de 8 a 10 micras. (Tanenbaum & Wetherall, 2012)

Con la finalidad de mantener la luz dentro del núcleo y evitar su pérdida, se lo protege con un revestimiento de vidrio que posee un índice de refracción inferior que el núcleo, a este revestimiento se lo cubre con una delgada capa de plástico. El cable está compuesto por varios filamentos y protegidos por una envoltura exterior (Tanenbaum & Wetherall, 2012)

“En general, el tipo de luz que viaja por una fibra es invisible, ya que las frecuencias empleadas corresponden al infrarrojo cercano o al infrarrojo lejano en el espectro electromagnético” (Neri Vela, 2004)

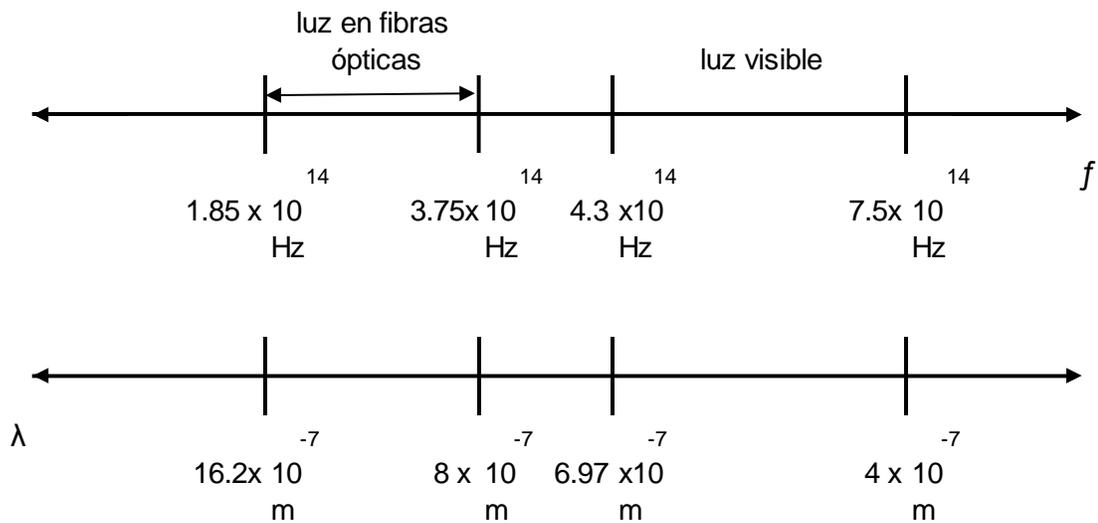


Figura 1.2: Comparación entre las frecuencias de la luz visible y las empleadas típicamente por fibras ópticas.

Fuente: Líneas de transmisión, (Neri Vela, 2004)

1.6.2. TIPOS DE FIBRA OPTICA

Por la forma de propagación, se clasifican en dos tipos, fibra monomodo y fibra multimodo.

1.6.2.1. Fibras monomodo

En este tipo de fibra óptica el haz de luz se propaga de un solo modo ver figura 1.3, de ahí debe su nombre. Para obtener este modo de propagación se requiere que el núcleo de la fibra óptica sea muy pequeño.

“El Núcleo de una fibra monomodo tiene solamente de 8 a 10 micrones de diámetro, siendo el más común de 9 micrones” (Sanguña Guevara, 2010).

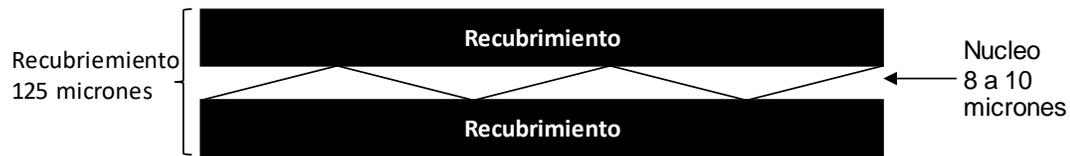


Figura 1.3: Propagación de la luz en fibra monomodo

Fuente: Elaborado por el Autor

“Al ser un solo trayecto se elimina la distorsión modal; por lo tanto, el mayor beneficio de este tipo de fibra es que se logra que los rayos de luz recorran una mayor distancia” (Ramos Ulate, 2012).

Debido a las condiciones anteriores, su diámetro fino y el trayecto de la luz que se obtiene, provocan que este modelo de fibra sea de alto costo, pero también los beneficios lo justifican, debido a que esto también aumenta la velocidad y la distancia a la que se pueden transmitir la información.

A continuación una tabla de los atributos recomendados por la ITU para la fabricación de fibra óptica monomodo.

Atributos de la fibra		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	Logitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8.6-9.5 μm
	Tolerancia	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125.0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310 nm	0.5 dB/Km
	Máximo a 1550 nm	0.4 dB/Km

Figura 1.4: Atributos de fibra monomodo.

Fuente: Recomendación UIT-T G.652

1.6.2.2. Fibra multimodo de índice gradual

Este tipo de fibra óptica su núcleo está formado por varias capas concéntricas de material óptico, las que tiene diferentes índices de refracción.

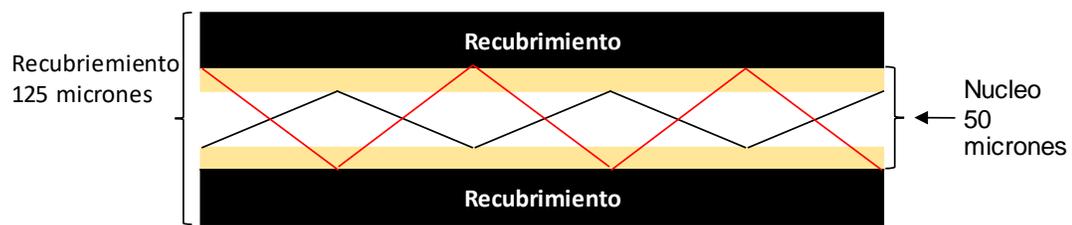


Figura 1.5: propagación de luz en fibra multimodo índice gradual

Fuente: Elaborado por el Autor

“fibras multimodo de índice gradual que pueden utilizarse en la región de 850 nm o en la región de 1300 nm o, alternativamente, pueden utilizarse simultáneamente en ambas regiones de longitud de onda. Esta fibra puede utilizarse para la transmisión analógica y digital” (International Telecommunication Union, 2007)

“El valor nominal recomendado del diámetro del núcleo es 50 μm . La desviación del diámetro del núcleo no debe exceder los límites de $\pm 3 \mu\text{m}$.” (International Telecommunication Union, 2007).

El valor nominal recomendado del diámetro del revestimiento es 125 μm . La desviación del diámetro del revestimiento no debe exceder de $\pm 3 \mu\text{m}$. (International Telecommunication Union, 2007).

Los cables de la fibra óptica tratados en esta Recomendación tienen generalmente coeficientes de atenuación inferiores a 4 dB/km en la región de longitudes de onda de 850 nm y a 2 dB/km en la de 1300 nm. (International Telecommunication Union, 2007)

1.6.3. VENTAJAS DE LA FIBRA OPTICA

Peso y Tamaño.- debido al diámetro pequeño del cable, la fibra óptica es más ligero en comparación con un cable de cobre con similares capacidades. Esta ventaja también se refleja al momento de instalarlo especialmente en lugares donde ya hay cables con espacios limitados como las acometidas de edificios, cajas de datos en zonas que las redes sean subterráneas.

Interferencia Eléctrica.- Los cables de fibra óptica son inmunes a la interferencia electromagnética, esto se debe a que su núcleo no está formado por materiales conductores como los de cobre o aluminio, su núcleo es de vidrio y lo que trasmite es un haz de luz y su puesta en marcha tampoco genera interferencia a otros cables. Esta ventaja es explotada por empresas como Transelectric quienes tienen una red de fibra óptica de 3.800 Km a lo largo de sus líneas de alta tensión.

El Sistema Nacional de Transmisión dispone de:

Líneas de Transmisión (km)

NIVEL DE VOLTAJE	DOBLE CIRCUITO	SIMPLE CIRCUITO	TOTAL
230 kV	1.281	855	2.136
138 kV	807	1.122	1.929
Total líneas de transmisión:			4.065 km

Subestaciones:	49 a nivel nacional. (Incluye 3 subestaciones móviles)
Capacidad Instalada de Transformación:	9.370 MVA
Red de Telecomunicaciones:	3.800 km de cable con fibra óptica tipos OPGW y ADSS (Con 2 salidas internacionales)
Capacidad Total Instalada: (STM - 1/4/16/64):	153,8 Gbps (Tecnología SDH) Red con tecnología DWDM, sistema que soporta 40 lambdas de 10 Gbps. Red con tecnología OTN, sistema que soporta 80 lambdas de 10 Gbps.

Figura 1.6: Fibra óptica instalada por Transelectric

Fuente: (Corporacion Electrica del Ecuador , s.f.)

Aislamiento.- Los materiales con los que son fabricadas las fibras ópticas son dieléctricos, por lo tanto no conducen electricidad, salvo algunos modelos de fibra que llevan un mensajero metálico.

Versatilidad.- A través de la fibra óptica se pueden transmitir varios servicios como lo son Voz, Video y Datos.

Escalabilidad.- Los sistemas de comunicación a través de fibra óptica bien diseñados pueden aumentar su capacidad de ancho de banda solo con

cambiar los equipos de transmisión y recepción, esto es una gran ventaja ya que no se tendría que invertir en un nuevo cableado.

Regeneración de Señal.-

Al trabajar con fibra óptica una de sus principales ventajas son las distancias que se pueden alcanzar, si utilizamos fibra monomodo, esta está limitada solamente por los equipos colocados en los bordes, en la página de CISCO podemos encontrar interfaces Gigabit con alcances desde 1 Km hasta los 100 Km, a continuación tenemos una tabla con los parámetros de las interfaces.

GBIC	Wavelength (nm)	Fiber Type	Core Size (Micron)	Modal Bandwidth (MHz/Km)	Cable Distance
Cisco 1000BASE-SX	850	MMF	62.5	160	722 ft (220 m)
			62.5	200	902 ft (275 m)
			50.0	400	1640 ft (500m)
			50.0	500	1804 ft (550 m)
			50.0	2000	3281 ft (1000 m)
Cisco 1000BASE LX/LH	1310	MMF	62.5	500	1804 ft (550 m)
			50.0	400	1804 ft (550 m)
			50.0	500	1804 ft (550 m)
		SMF	9/10	N/A	6.2 miles (10 Km)
Cisco 1000BASE-ZX	1550	SMF	09-oct	N/A	43.4 to 62 miles (70 to 100 Km)

Figura 1.7: Parámetros de interfaces Gigabit Cisco

Fuente: (CISCO, s.f.)

Seguridad.- Los enlaces por fibra óptica son más seguros, no es posible interferirlos mediante mecanismos convencionales como conducción superficial.

1.6.4. DESVENTAJAS DE LA FIBRA OPTICA

A continuación tenemos las desventajas de usar fibra óptica.

- ✓ Fragilidad muy alta en las hebras de fibra óptica.
- ✓ Los transmisores y receptores tiene un alto costo.
- ✓ Para unir diferentes tramos de fibra sea esto por mayor distancia o en soportes a la red se requieren realizar empalmes para lo cual se requiere equipo especial y personal muy capacitado.

1.6.5. FACTORES LIMITANTES DE LA TRANSMISION

1.6.5.1. Dispersión

“La dispersión puede ser descrita en general como la cantidad de distorsión o esparcimiento de un pulso durante la transmisión” (Quinchagual Romero & Rodríguez Formantel, 2013)

“la velocidad de la onda depende de su frecuencia, cuando un pulso de luz esta viajando a lo largo de una fibra, la señal no solo se atenúa sino también se desvía o extiende en el tiempo” (Sanguña Guevara, 2010)

1.6.5.2. Atenuación

“Con frecuencia se llama *atenuación* a la pérdida de potencia, y produce una pérdida de potencia de la onda luminosa al atravesar el cable” (Tomasi, 2003). Entre los efectos adversos en el funcionamiento durante la transmisión por fibra óptica provocados por la atenuación tenemos disminución del ancho de banda, de la transmisión de información, y la eficiencia.

A continuación tenemos la formula general de la atenuación:

$$A(\text{dB})= 10 \log \frac{P_{\text{Sal}}}{P_{\text{ent}}}$$

en la que A(dB)= reducción total de potencia (atenuación)
 P_{sal}= Potencia de salida del cable (watts)
 P_{ent}= Potencia de entreada al cable (watts)

Figura 1.8: Formula de la atenuación o pérdida total de potencia.

Fuente: (Tomasi, 2003)

“las fibras multimodales tienden a tener mayores pérdidas de atenuación que los cables unimodales, debido principalmente a la mayor dispersión de la onda luminosa, producida por las impurezas” (Tomasi, 2003).

Tipo de cable	Diametro del núcleo (µm)	Diametro del revestimiento (µm)	NA (adimensional)	Atenuación (dB/Km)
Unimodal	8	125	-----	0.5 @ 1300 nm
	5	125	-----	0.4 @ 1300 nm
Indice graduado	50	125	0.2	4 @ 850 nm
	100	140	0.3	5 @ 850 nm
indice escalonado	200	380	0.27	6 @ 850 nm
	300	440	0.27	6 @ 850 nm
PCS	200	350	0.3	10 @ 790 nm
	400	550	0.3	10 @ 790 nm
Plástico	----	750	0.5	400 @ 650 nm
	----	1000	0.5	400 @ 650 nm

Figura 1.9: Atenuaciones en cables de fibra óptica

Fuente: (Tomasi, 2003)

1.6.5.3. Pérdidas por acoplamiento.

Las pérdidas se pueden presentar en los siguientes casos de uniones ópticas:

- ✓ Conexión de fuente luminosa a fibra
- ✓ Conexión de fibra a fibra
- ✓ Conexión de fibra a fotodetector.

Para que haya pérdidas en estas uniones ópticas se deben presentar problemas de alineación que analizaremos a continuación.

Desalineamiento Lateral.

“es el desplazamiento lateral o axial entre dos tramos de cables de fibra adjuntos. La cantidad de pérdida puede ser desde un par hasta varias décimas de decibelio, o hasta vanos decibelios. Esta pérdida suele ser despreciable si los ejes de las fibras se alinean a menos de 5% del diámetro de la fibra menor” (Tomasi, 2003)

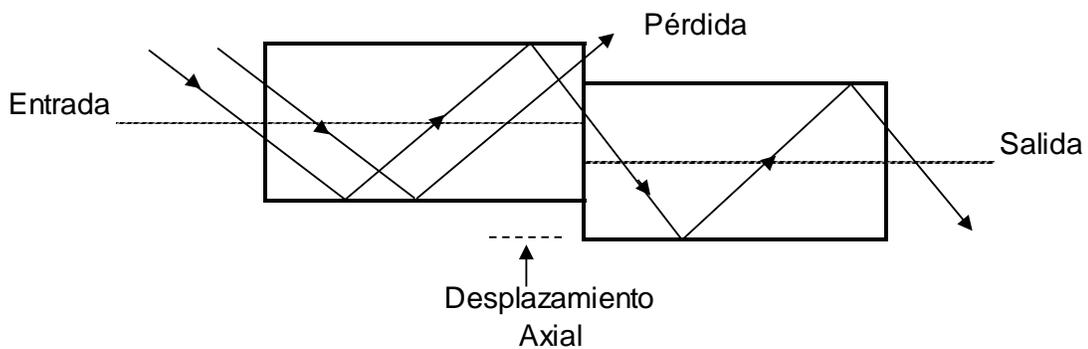


Figura 1.10: Ejemplo de Desplazamiento Axial

Fuente: (Tomasi, 2003)

Desalineamiento de entrehierro.

“a veces se llama *separación entre extremos*. Cuando se hacen *empalmes* en fibras ópticas, las fibras se deben tocar realmente.

Mientras más alejadas queden, la pérdida de luz será mayor. Si dos fibras se unen con un conector, los extremos no se deben tocar, porque al frotarse entre sí en el conector se podrían dañar una o las dos fibras” (Tomasi, 2003).

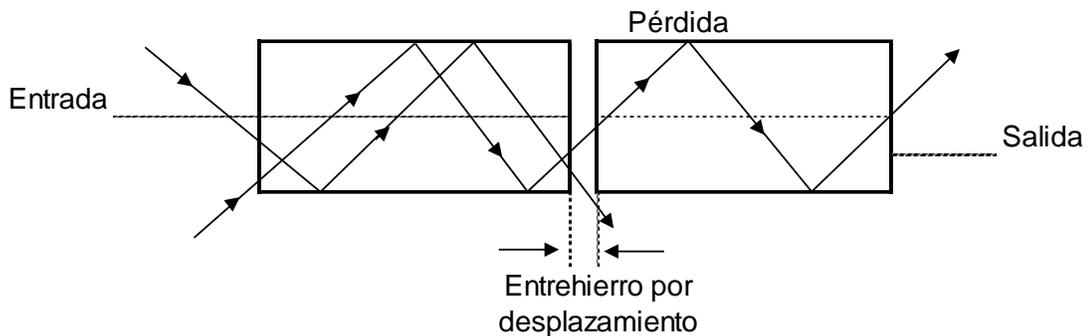


Figura 1.11: Entrehierro por desplazamiento.

Fuente: (Tomasi, 2003)

Desalineamiento angular.

“a veces se llama desplazamiento angular. Si el desplazamiento angular es menor que 2° , la pérdida será menor que 0.5 dB” (Tomasi, 2003)

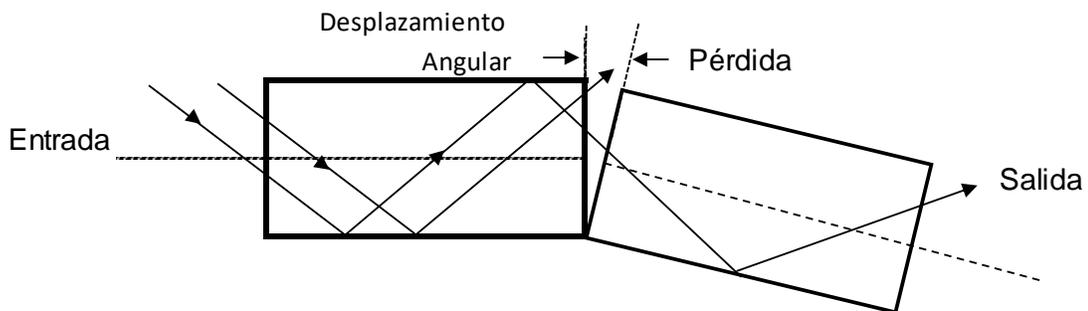


Figura 1.12: Desplazamiento Angular

Fuente: (Tomasi, 2003)

Acabado superficial imperfecto.

Los extremos de las dos fibras adjuntas deben estar muy pulidos y asentar entre sí. Si los extremos de las fibras están menos de 3° fuera de la perpendicular, las pérdidas serán menores que 0.5 dB (Tomasi, 2003)

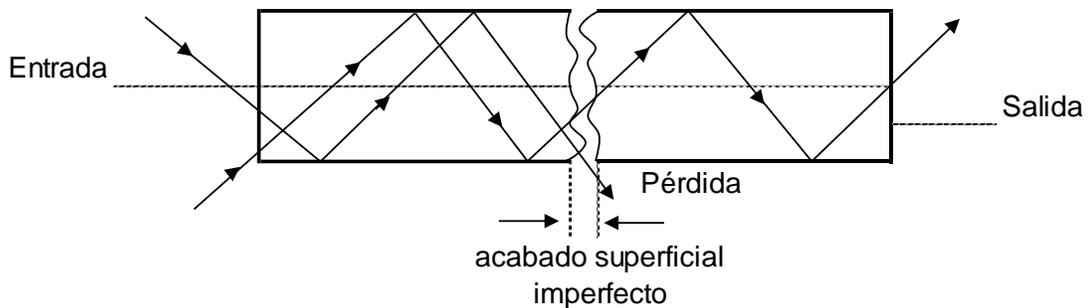


Figura 1.13: Acabado superficial imperfecto

Fuente: (Tomasi, 2003)

1.6.6. FUENTES OPTICAS

Para la generación de luz en sistemas de comunicación que utilizan fibra óptica se tienen los siguientes dispositivos:

- ✓ Diodos Emisores de Luz (LED, *light-emitting diode*)
- ✓ Diodos de Láser de Inyección (ILD, *injection laser diode*)

Estos dispositivos basan su fabricación en semiconductores.

1.7. REDES FTTX

Este acrónimo es ampliamente conocido como Fibre – to – the – x, donde “x” define el destino de la fibra óptica.

1.7.1. CLASIFICACION DE LAS REDES FTTX

Entre las principales redes FTTx, tenemos las siguientes:

1.7.1.1. FTTH

FTTH (home). En FTTH o fibra hasta el hogar, la fibra llega hasta el interior o fachada de la misma casa u oficina del abonado. (Millan Tejedor, 2010).

Fibra hasta el hogar (FTTH) es la entrega de una señal de comunicaciones a través de fibra óptica de los equipos de conmutación del operador hasta llegar a una casa o negocio, sustituyendo así la infraestructura de cobre existente, como cables de teléfono y cable coaxial (FTTH Council, s.f.).

Este concepto de fibra hasta el hogar es relativamente nuevo en nuestro país, que nos permite proporcionar mayor ancho de banda a los abonados y pymes, garantizando la robustez, fiabilidad, escalabilidad en los servicios entregados ya sean estos internet, video y/o voz.

1.7.1.2. FTTB

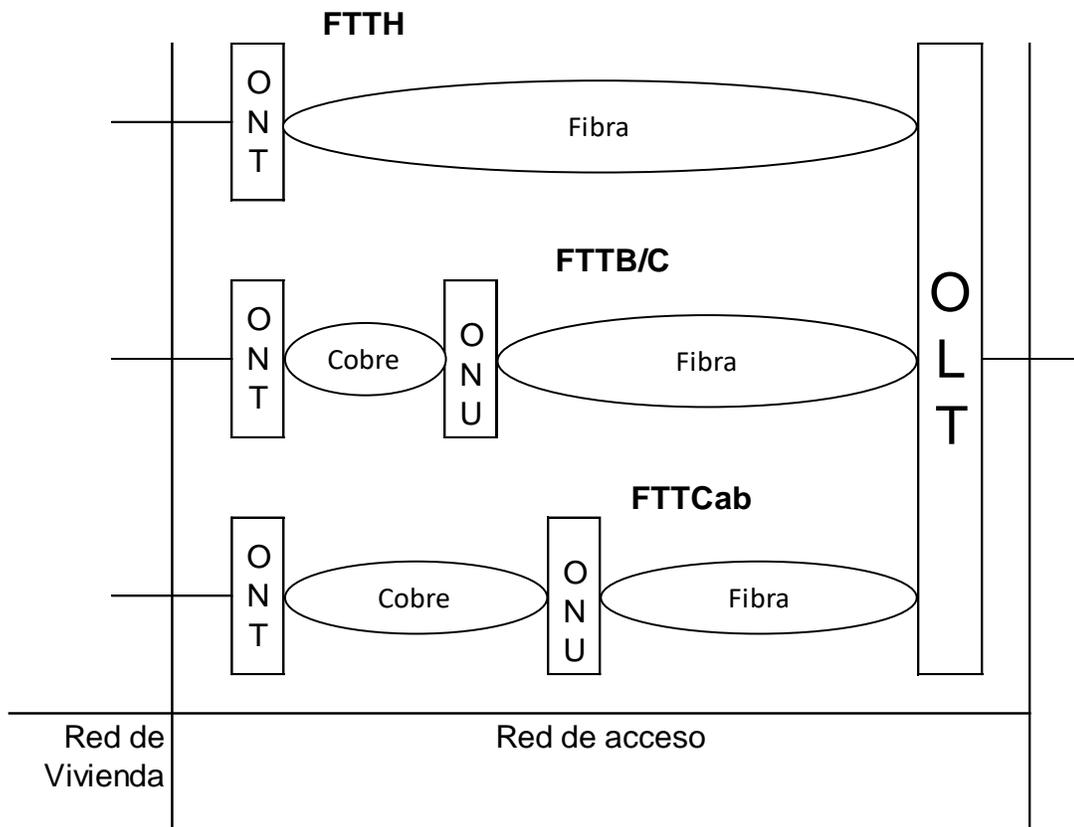
FTTB (building). En FTTB o fibra hasta el edificio, la fibra termina antes, típicamente en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados. (Millan Tejedor, 2010). La fibra solo llega hasta un lugar intermedio para acceder a los demás puntos sean estos abonado finales en casas o edificios se utiliza otras tecnologías como par de cobre según sea el caso.

1.7.1.3. FTTN

FTTN (node o neighborhood). En FTTN o fibra hasta el vecindario, la fibra termina más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio. (Millan Tejedor, 2010)

1.7.2. ARQUITECTURAS DE REDES DE ACCESO OPTICO FTTX

A continuación tenemos un gráfico de las arquitecturas de redes de acceso descritas en los puntos anteriores:



- ONU Unidad de red óptica (*optical network unit*)
- ONT Terminación de red óptica (*optical network termination*)
- OLT Terminación de línea óptica (*optical line termination*)
- NT Terminación de red (*network termination*)

Figura 1.14: G.984.1 – Arquitectura de red

Fuente: Recommendation ITU-T G984.1

1.8. REDES PON

PON del inglés Passive Optical Network, en español red óptica pasiva, se caracteriza por permitir la eliminación de elementos activos utilizados entre el proveedor de servicios y el abonado, en este tipo de red se utilizan elementos ópticos pasivos conocidos como splitters, este elemento es muy importante debido a que permite reducir significativamente costos de instalación y mantenimiento. (Sanguña Guevara, 2010).

1.8.1. GPON

Las redes GPON (en inglés Gigabit-capable Passive Optical Network), son un tipo de red pon pero con capacidades de transmisión superiores a un Gbit/s. Se conocen recomendaciones de la ITU ((International Telecommunication Union ó Union Internacional de Telecomunicaciones) y de la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers o Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) para el desarrollo de este estudio tomaremos como referencia las recomendaciones de la ITU.

1.8.1.1. La ITU

“La UIT fue **fundada en Paris en 1865** con el nombre de Unión Telegráfica Internacional. En 1934 adoptó su nombre actual, y en 1947 se convirtió en organismo especializado de las Naciones Unidas”. (ITU, 2015).

Es un grupo especializado en Telecomunicaciones, su misión es la regulación a nivel internacional en este campo, tiene su sede en Ginebra, Suiza.

Sus normativas reposan en amplios grupos de documentos a los que se denominan “Recomendaciones”, las mismas que no son mandatorios legalmente, estas son obligatorias por las administraciones y operadoras a nivel internacional.

La ITU está compuesta de 3 sectores que son:

- ✓ UIT-T: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (antes CCITT: Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico).
- ✓ UIT-R: Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones (antes CCIR: Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones).
- ✓ UIT-D: Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones.

1.8.1.2. Recomendaciones de la ITU

A continuación podemos observar las principales características para GPON según las recomendaciones ITU.

Recommendation ITU-T G.984.3

El estándar estuvo a cargo del grupo de estudio 15, su primera edición fue aprobada el 22 de febrero de 2004, la edición en vigor es la 3.0 que cronológicamente sería la novena, esta edición fue aprobada el 13 de enero de 2014 (International Telecommunication Union, 2014).

El ancho de banda puede ser asimétrico o simétrico, los valores son los siguientes:

	UP	DOWN
Asimetrico	1.24416 Gbit/s	2.48832 Gbit/s
Simetrico	2.48832 Gbit/s	2.48832 Gbit/s

Figura 1.15: Ancho de Banda GPON

Fuente: El autor con datos de **Rec. ITU-T G.984.3 (01/2014)**

Recomendación UIT-T G.984.1

Esta recomendación tiene 4 versiones la que utilizaremos será la publicada el 29 de marzo de 2008.

Según esta recomendación el alcance físico máximo entre la ONU y OLT es de 20 Km.

Recomendación UIT-T G.983.1

Esta norma fue aprobada el 13 de enero del 2005 a cargo del grupo de estudio 15, nos da la asignación de longitudes de onda para sistemas de acceso óptico. Se define para la transmisión desde la central OLT hasta el domicilio del abonado ONT se utilizara la gama de longitudes de onda desde 1480 hasta 1580 nm.

Para transmisiones en sentido ONT a OLT se utilizaran la gama de longitudes comprendidas entre 1260 hasta 1360 nm.

1.8.2. ELEMENTOS DE UNA RED PON

Los elementos que forman una red PON son los siguientes:

1.8.2.1. ODN

ODN (Optical Distribution Network, o red de distribución óptica), que es la red en sí misma, compuesta por los cables de fibra óptica, los divisores pasivos (splitters) y los distribuidores de fibra (Sendín Escalona, 2008).

1.8.2.2. OLT

“En la central se ubica un equipo OLT Desde éste salen cables de fibra, cada uno de dichos cables es capaz de transportar el tráfico de hasta 64 abonados y corresponde a un puerto PON” (Abreu, y otros, 2009).

Detrás de cada puerto del OLT se conecta un hilo de fibra, este hilo de fibra puede ser sometido a una o varias etapas de splitters, las que podemos representar por $1/n$, desde esta etapa salen n fibras están pueden contener otro splitter o conectarse las acometidas que van al domicilio del abonado.



Figura 1.16: OLT Huawei MA5608T

Fuente: (Huawei Technologies)

Características del Equipo:

- ✓ Soporta GPON y EPON.

- ✓ Capacidad de acceso: 8 GPON 10G, 32 GPON
- ✓ Transmisión en capa 2 y capa 3
- ✓ Dimensiones: 88mm altura, 442mm de ancho, 233.5 profundidad.
- ✓ Temperatura de operación: - 40 °C a + 65 °C
- ✓ Voltaje de Operación: -38.4 V a -72 V

1.8.2.3. ONT

“Son los encargados de dialogar con el equipo PON de la central terminando dicho enlace, y ofreciendo hacia el usuario generalmente una interfaz Ethernet para los servicios de datos mediante un conector RJ45” (Abreu, y otros, 2009)

ONT por sus siglas en ingles Optical Network Terminal, en español Terminales de red ópticos también los podemos encontrar como ONU Optical Network Unit, son instalados en el domicilio del abonado, dependiendo del Servicio que se vaya a prestar estos están provistos de puertos RJ-45 para la conexión de un cable UTP, también suelen estar provistos de puertos RJ-11 para el servicio telefónico.



Figura 1.17: ONT GPON HG861

Fuente: (Chucheng Information Technology Co., Ltd., s.f.)

Características del Equipo:

Módulo Óptico Clase B+ soporta 28 dB de atenuación óptica (según G.984.2 Amendment 1 (2006))

1 puerto GigaEthernet + 1 puerto CATV

NAT function

Internet, IPTV and VoIP services are automatically bound to ONT ports

110V – 220V

1.8.2.4. Splitters

También conocido como divisor Óptico, es un elemento pasivo encargado de dividir la señal óptica recibida a varios destinos, su relación está dada por $1/n$.

Este elemento al utilizarlo en una red óptica permite la aplicación de la arquitectura punto a multipunto.

X	1 x X	
	Min. IL (dB)	Max. IL (dB)
2	2.6	4.2
4	5.4	7.8
8	8.1	11.4
16	10.8	15.00
32	13.1	18.6

Figura 1.18: Tabla de perdida de potencia por splitters.

Fuente: (International Telecommunication Union, 2012)

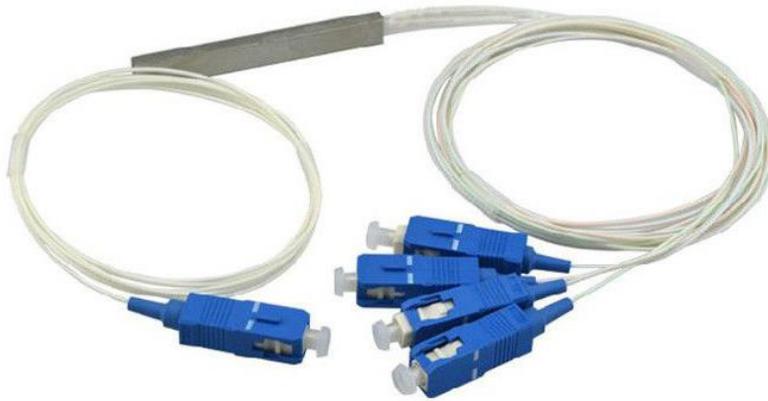


Figura 1.19: Splitter 1/4

Fuente: (LIMITED YINGDA TECHNOLOGY, s.f.)

1.8.3. ARQUITECTURA DE REDES PON

Las redes con tecnología PON pueden ser desplegadas mediante dos arquitecturas, la primera es punto a punto y la segunda es punto Multipunto.

1.8.3.1. Arquitectura Punto a Punto

En este tipo de Arquitectura básicamente consisten en un enlace mediante fibra óptica entre el OLT y los OTN.

Su elevado coste es una de los principales motivos para que no sea muy utilizado en las redes de fibra hasta el hogar. Este esquema de red con fibra directamente al predio del abonado es utilizado para dar servicios a Empresas, se denominan servicio dedicado.

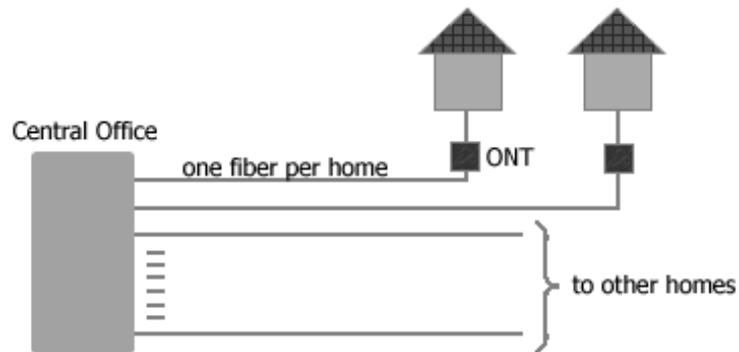


Figura 1.20: Arquitectura Punto a Punto

Fuente: (Tinoco Alvear, 2011)

1.8.3.2. Arquitectura Punto Multipunto

En este tipo de arquitectura, mediante el uso de elementos pasivos se reduce el costo del despliegue de la red de fibra óptica, de esta forma utilizando los splitters un solo hilo de fibra óptica da señal a varios usuarios.

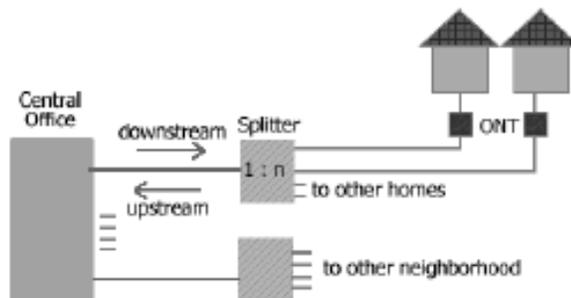


Figura 1.21: Arquitectura Punto a Multipunto

Fuente: (Tinoco Alvear, 2011)

1.9. OTRAS TECNOLOGIAS

A continuación describiéremos otras tecnologías utilizadas comúnmente:

1.9.1. ADSL

En español Línea de Suscripción Digital Asimétrica (del inglés Asymmetric Digital Subscriber Line). Tiene su origen a través de la Recomendación G.992.1 aprobada el 22 de junio de 1999 y estuvo a cargo del grupo de estudio 15 (ITU, 2015).

“Usada principalmente por los usuarios residenciales, que reciben muchos datos pero que no mandan mucho, como los que navegan por Internet” (Huidrobo, 2006). “el ancho de banda para el downstream es mayor que para el upstream” (FLORES ROSA, 2005). A esta característica le debe su nombre.

“Los sistemas permiten velocidades de datos de 6 Mbit/s aproximadamente en sentido descendente y 640 kbit/s aproximadamente en sentido ascendente dependiendo de la instalación y entorno de ruido.” (International Telecommunication Union, 1999)

“Para utilizar el ancho de banda no usado por la telefonía de voz es necesario un *splitter*, el cual consiste de dos filtros uno pasa-bajo para la transmisión de voz y otro pasa-alto para la transmisión de datos” (FLORES ROSA, 2005)

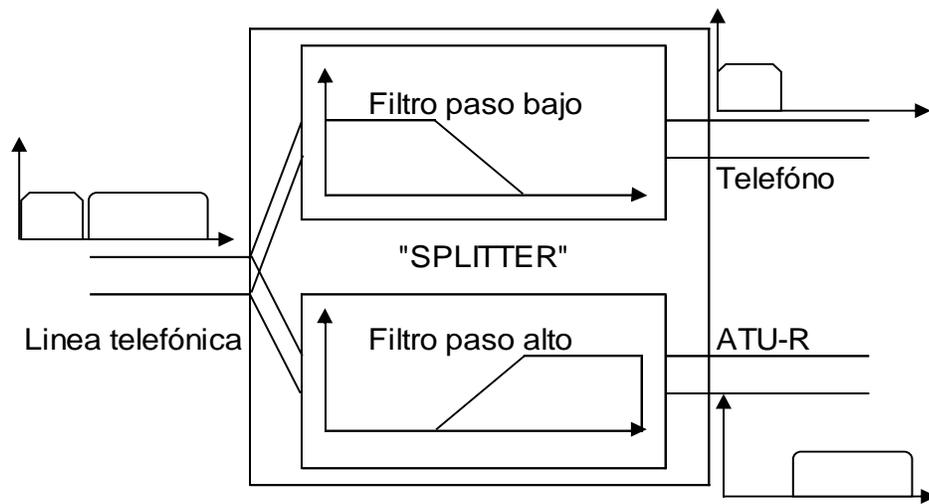


Figura 1.22: Splitter ADSL

Fuente: (FLORES ROSA, 2005)

“Su naturaleza asimétrica obliga al uso de módems diferentes en el lado del usuario y la red: el modem en el usuario se conoce como ATU-R (ADSL Terminal Unit Remote) y el modem en el lado de la red se conoce como ATU-C (ADSL Terminal Unit Central)” (FLORES ROSA, 2005)

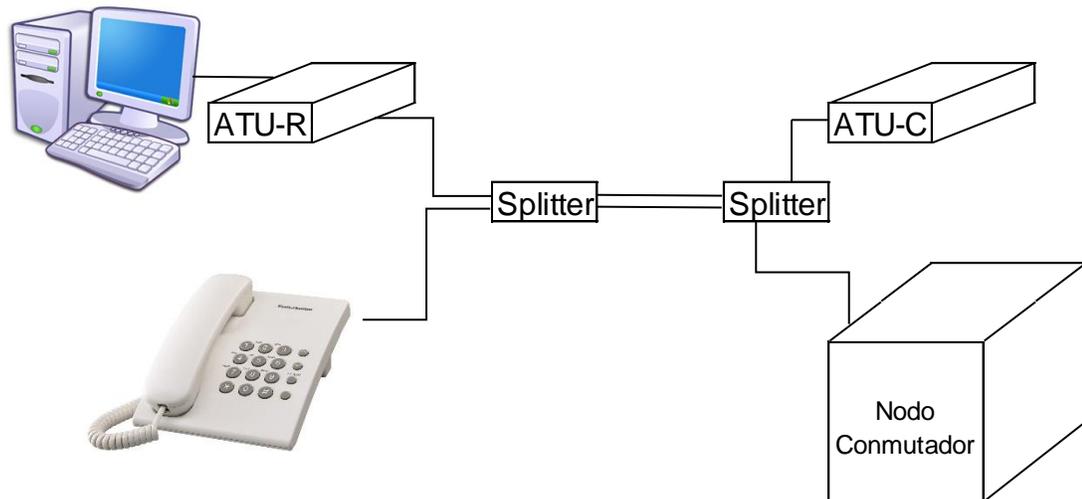


Figura 1.23: Esquema ADSL

Fuente: (FLORES ROSA, 2005)

CAPITULO II

METODOLOGIA

2.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACION

Las investigaciones surgen de una idea, sin importar qué tipo de paradigma fundamente el estudio ni el enfoque que se habrá de seguir. Para dar inicio a la investigación se necesita primero esta idea que sería el primer acercamiento a lo que realmente se quiere investigar o al ambiente al cual habrá que estudiar. (Lara Muñoz, 2011).

“La investigación es un proceso que, mediante la aplicación del método científico, procura obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento” (Tamayo, 2004).

La investigación científica se distingue por justificar sus conocimientos, por dar constancia de sus verdades, aunque éstas sean precarias y temporales por eso es fundamentada, porque puede argumentar lo que para el investigador en ese momento histórico es cierto y se establece a través de los métodos de investigación, porque el investigador sigue procedimientos, desarrolla su tarea basándose en un plan previo, que se va ajustando en la práctica, aunque hay que tener presente que además de variados, los métodos y técnicas de la investigación científica evolucionan en el tiempo (Guerrero Dávila, 2014).

La investigación posee tipos de enfoques que son:

- ✓ Cuantitativo
- ✓ Cualitativo

2.1.1. ENFOQUE CUALITATIVO

La investigación cualitativa: Una característica fundamental del método cualitativo es que concibe lo social como una realidad construida que se genera a través de articulaciones con distintas dimensiones sociales, es decir, por una diversidad cultural sistematizada, cuyas propiedades son muy diferentes a las de las leyes naturales (Guerrero Dávila, 2014). Con este método su principal objetivo es describir al objeto mediante sus cualidades.

2.1.2. ENFOQUE CUANTITATIVO

“el método cuantitativo los conceptos se convierten en variables clasificatorias y demostrables en su validez y confiabilidad. En el método cualitativo, los conceptos son parte del proceso de la investigación, un apoyo para enunciar la realidad, no un fin” (Guerrero Dávila, 2014).

“La cuantificación se preocupa más por el dato y ello limita el conocimiento profundo de las cosas” (Guerrero Dávila, 2014). Este enfoque utiliza un control numérico los resultados obtenidos.

2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Una vez que se precisó el planteamiento del problema, de definio el alcance inicial de la investigación y se formularon las hipótesis (o no se establecieron debido a la naturaleza del estudio), el investigador debe visualizar la manera práctica y concreta de responder a las preguntas de investigación, además de cubrir los objetivos fijados" (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006).

Variable dependiente

Que permita tener un mejor ancho de banda, satisfacción de los usuarios y a bajo costos de instalación

2.3. TIPO DE INVESTIGACION

Para el desarrollo de nuestra investigación utilizaremos la denominada Descriptiva, al aplicarla nos permitirá describir las características del objeto de estudio. Los estudios descriptivos nos permitirán ir almacenando conocimiento muy importante.

La información que se planea almacenar debe permitirnos conocer las características del servicio a ofrecer.

Según (Arias, 2006) “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento”.

La investigación Documental es según (Arias, 2006) “un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de *datos secundarios*, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: *impresas, audiovisuales o electrónicas*”.

Este tipo de investigación nos va a permitir investigar utilizando folletos, libros, revistas sean físico o electrónicos para conocer más a profundidad las teorías y avances que las redes FTTH han tenido desde sus orígenes hasta la fecha actual.

2.4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Se utilizarán los siguientes métodos para la interpretación de información:

- ✓ Deductivo
- ✓ Inductivo

2.4.1. METODO INDUCTIVO

“Consiste en basarse en *enunciados singulares*, tales como descripciones de los resultados de observaciones o experiencias para plantear *enunciados universales*, tales como hipótesis o teorías. Ello es como decir que la naturaleza se comporta siempre igual cuando se dan las mismas circunstancias” (Cegarra Sánchez, 2004)

Se aplicará este método para poder obtener las conclusiones y conjeturas a través del análisis de la encuesta realizada.

2.4.2. METODO DEDUCTIVO

Según (Cegarra Sánchez, 2004) “lo empleamos corrientemente tanto en la vida ordinaria como en la investigación científica. Es el camino lógico para buscar la solución a los problemas que nos planteamos”.

Se utilizará el método deductivo para explicar las características de las redes FTTH y sus elementos, donde expondremos conceptos, normas y recomendaciones, y con esto llegar al diseño de nuestra red FTTH propuesta.

2.5. TÉCNICAS DE RECOLECCION DE DATOS

Según (Arias, 2006) “La aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser guardada en un medio material de manera que los datos puedan ser recuperados, procesados, analizados e interpretados posteriormente”.

El seleccionar correctamente la(s) técnicas correctas de recolección de datos es fundamental para el desarrollo de la investigación.

2.5.1. ENCUESTA

“Se define la encuesta como una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de si mismos, o en relación con un tema en particular” (Arias, 2006).

Para el presente proyecto se aplicara una encuesta de 12 preguntas con el objetivo de recolectar información sobre el uso, proveedores, medios de comunicación utilizados, problemas más frecuentes y situación económica promedio de la población estudiada. Esta encuesta se aplicara a las personas que habitan en el sector donde se realizara el diseño de la red FTTH, la muestra será calculada en la sección 2.7.2. de este capítulo.

2.5.2. RECOPIACIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

“su objetivo es tener conocimiento de lo que se ha publicado relacionado con el proyecto de investigación; esta relación puede ser bastante directa o colateral” (Cegarra Sánchez, 2004)

“El inicio de la búsqueda bibliográfica, depende bastante del área en donde se sitúa el trabajo; en sectores muy dinámicos o en nuevas tecnologías es aconsejable situar el inicio hasta los 5-10 años, mientras que en áreas más tradicionales y dependiendo del tema, se puede ir más allá” (Cegarra Sánchez, 2004).

Tomando en consideración los párrafos anteriores, se debe buscar información relacionada al tema de la investigación, para lo cual se tomara como referencia la bibliografía de artículos, libros, estándares dictados por la ITU y tesis desarrolladas anteriormente referentes al tema de estudio.

2.6. TÉCNICAS PARA PROCESAR Y CUANTIFICAR DATOS

“Una vez que los datos se han codificado, transferido a una matriz, guardado en un archivo y “limpiado” de errores, el investigador procede a analizarlos” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006).

“En esta fase cuando se realiza el tratamiento estadístico-matemático de toda la masa de datos clasificados y tabulados. Esto conduce, en primer lugar, a la formulación de lo que se ha llamado **findings**, que consiste en afirmaciones en afirmaciones sobre las propiedades estadísticas de los datos” (Ander-Egg, 1993)

“Los datos en sí mismo tiene limitada importancia, es necesario «hacerlos hablar», esto es, encontrarles significación. Precisamente en eso consiste la esencia del análisis o interpretación de datos” (Ander-Egg, 1993).

“En algunos casos, el investigador necesita recurrir a colegas especializados en determinados campos no dominados por él o su grupo, con el fin de aclarar posibles interpretaciones de los resultados

o efectuar determinados cálculos que sobrepasan su capacidad, bien por falta de conocimientos o por carecer de los equipos necesarios para ello” (Cegarra Sánchez, 2004).

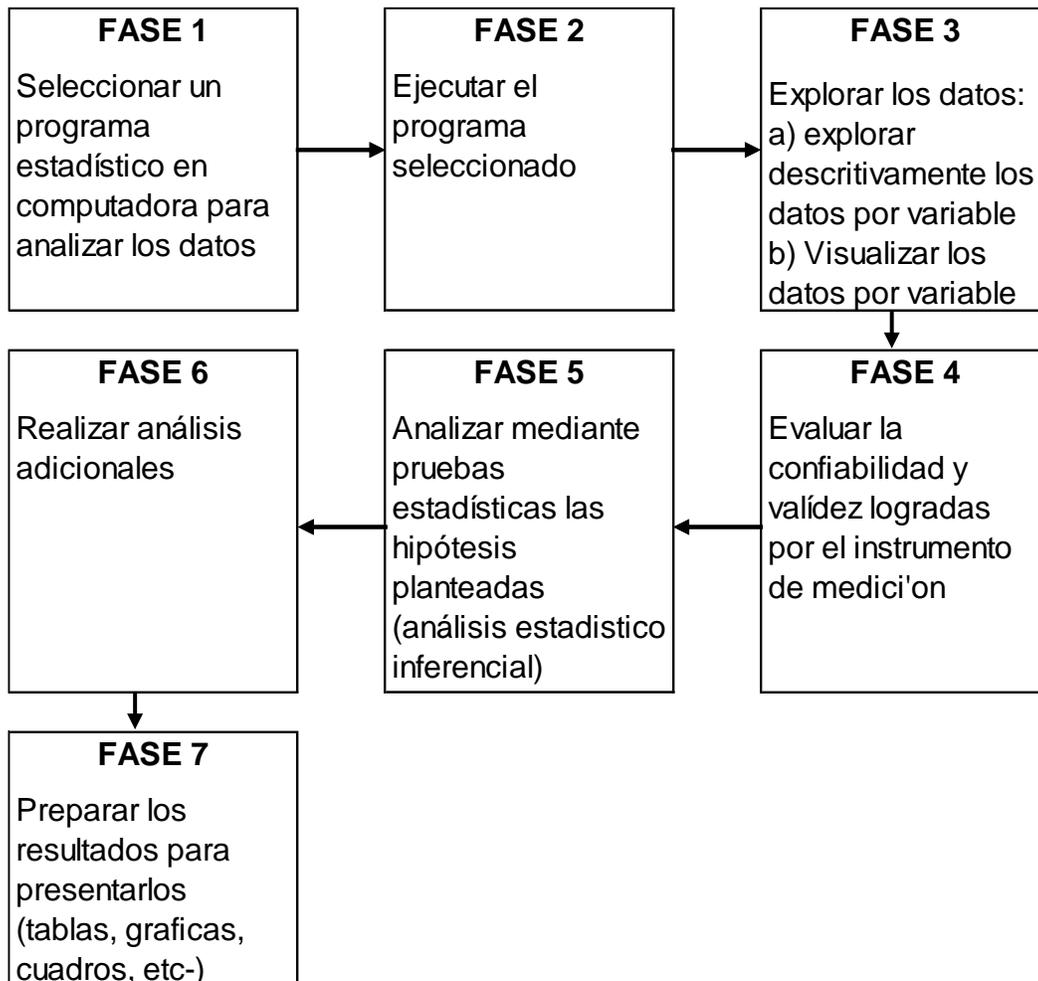


Figura 2.2: Proceso para efectuar análisis estadístico

Fuente: (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006)

Para el efecto de este trabajo de titulación se utilizara como software de apoyo el IBM SPSS Versión 21, el mismo que es un programa estadístico informático, tiene dos secciones, la primera **Vista de variables** donde se definen los parámetros (más importantes) de las variables de la encuesta como lo son:

- ✓ Nombre
- ✓ Tipo
- ✓ Etiqueta
- ✓ Valores
- ✓ Medida

En el anexo 2 se ha colocado la captura de la pantalla del software con las variables creadas de nuestra encuesta.

La segunda sección corresponde al ingreso de los datos de las encuestas realizadas, en la misma va la información acorde a los parámetros definidos en la sección de Vista de variables.

En el **Anexo 2** puede observar la captura de la sección Vista de Datos de la encuesta realizada.

2.7. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.7.1. POBLACION

Según (Arias, 2006) “La población, o en términos más precisos *población objetivo*, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación”

Para nuestro estudio la población de objetivo son todas las personas que vivan en la ciudad de Machala dentro del área con los siguientes límites.

Norte: Antiguo Aeropuerto de Machala

Sur: Camaroneas

Este: Ave. Colon Tinoco

Oeste: Ave. Las Palmeras

Como es un sector limitado al que se aplicara la encuesta se solicita al INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) para solicitar la población exacta del sector de estudio. Para esto se indica por parte del funcionario que se debe crear un ticket en el sitio web con el siguiente dominio:

http://www.ecuadorencifras.com:8080/osticket_sp/open.php

Para la creación del ticket se debe indicar las zonas y sectores afectados, esto debido a que la ciudad para efectos de Encuestas y Censos del INEC se encuentra dividido en Zonas y las zonas en sectores. Las zonas y sectores de nuestro estudio son:

Zona: 30, 51, 52 (Toda la población)

Zona: 29 (Sector 1, 2, 3, 4 y 5)

Zona: 50 (Sector 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9)

Zona: 31 (Sector 1, 2, 3, 4 y 5)

Se crea el ticket 24785 solicitando la información de la población al INEC, se recibe respuesta el 25 de agosto mediante correo electrónico con la siguiente información:

Hombres: 11842 Personas

Mujeres: 12285 Personas

Total: 24127 Personas

2.7.2. MUESTRA

“Es un subgrupo de la población de interés (sobre la cual se recolectaran los datos, y que tiene que definirse o delimitarse de antemano con precisión), este deberá ser representativo de la población” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006).

Según (Arias, 2006) “una muestra representativa es aquella que por su tamaño y características similares a las del subconjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido”.

“Por lo tanto, para seleccionar una muestra, lo primero que hay que hacer es definir la unidad de análisis (personas, organizaciones, periódicos, comunidades, situaciones, eventos, etc.)” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006)

Para el cálculo de la muestra del presente trabajo de titulación se utilizara la fórmula para población finita, según (Sierra Bravo, 1991) “Desde el punto de vista estadístico, una población finita es la constituida por un número inferior a cien mil unidades”

$$n = \frac{N Z^2 pq}{d^2 (N - 1) + Z^2 pq}$$

Figura 2.3: Formula para cálculo de muestra para población finita.

Fuente: (Aguilar-Barojas, 2005)

Donde:

p = proporción aproximadamente del fenómeno en estudio en la población de referencia.

q = proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1- p).

La suma de la p y la q siempre debe dar 1.

Z = nivel de confianza.

N = tamaño de la población

d = Precisión o Error

% Error	Nivel de Confianza	Valor de Z calculado en tablas
1	99 %	2.58
5	95 %	1.96
10	90 %	1.645

Figura 2.4: tabla de valores para nivel de confianza (**Z**)

Fuente: (Aguilar-Barojas, 2005)

%	Valor d
90	0.1
95	0.05
99	0.001

Figura 2.5: Tabla de valores para la precisión (**d**)

Fuente: (Aguilar-Barojas, 2005)

Calculo de la muestra

Valores:

N = 24127

Z = 95% (1.96)

$p = 0.5$

$q = 0.5$

$d = 90\% (0.1)$

$$n = \frac{(\frac{24127}{0,01})(\frac{3,8416}{24126}) (\frac{0,5}{3,8})(\frac{0,5}{0,5})(\frac{0,5}{0,5})}{(\frac{0,01}{241,26} + \frac{0,9604}{0,9604})}$$

$$n = \frac{23171,5708}{241,26 + 0,9604}$$

$$n = \frac{23171,57}{242,2204}$$

$n = 95,663 \approx 96$

2.8. ANALISIS DE RESULTADOS

1.- Indique su Género:

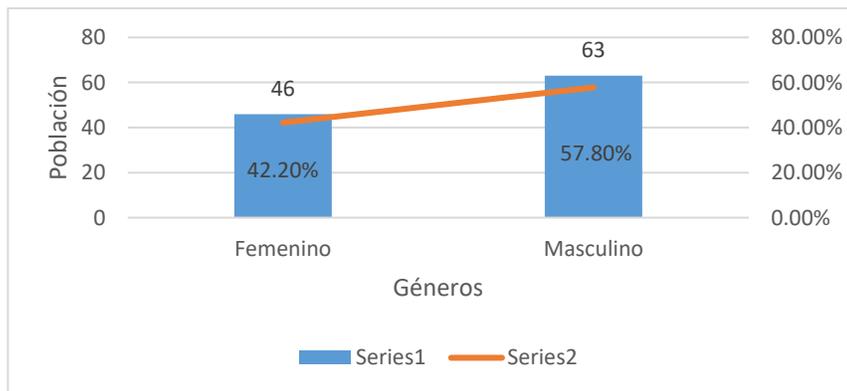


Figura 2.6: Genero de Encuestados

Fuente: Encuesta realizada por el Autor

Interpretación: De los encuestados el 42.20% son Mujeres y el 57.80% son Hombres.

2.- ¿Cuál es su Edad?

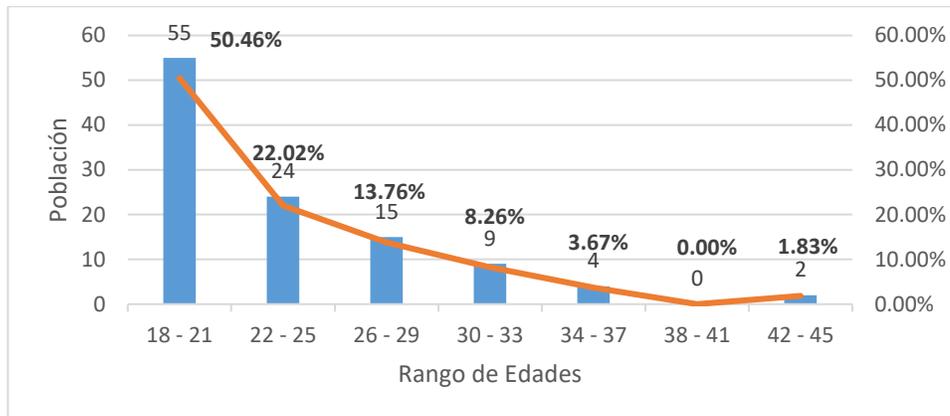


Figura 2.7: Edad de los Encuestados

Fuente: Encuesta realizada por el Autor

Interpretación: Podemos observar que de los 18 años hasta los 23 años tiene el mayor porcentaje de los encuestados llegando al 65%, el de mayor edad de 45 años.

3.- ¿Utiliza internet?

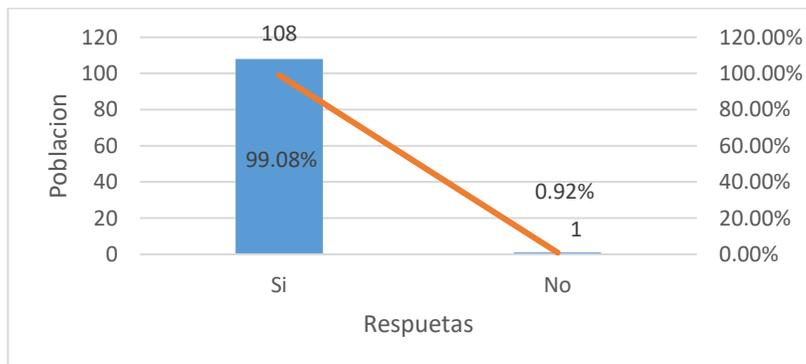


Figura 2.8: Utilizan internet

Fuente: Encuesta realizada por el Autor

Interpretación: De los encuestados el 99.08% utilizan internet.

4.- ¿Cuál es su proveedor de Internet?

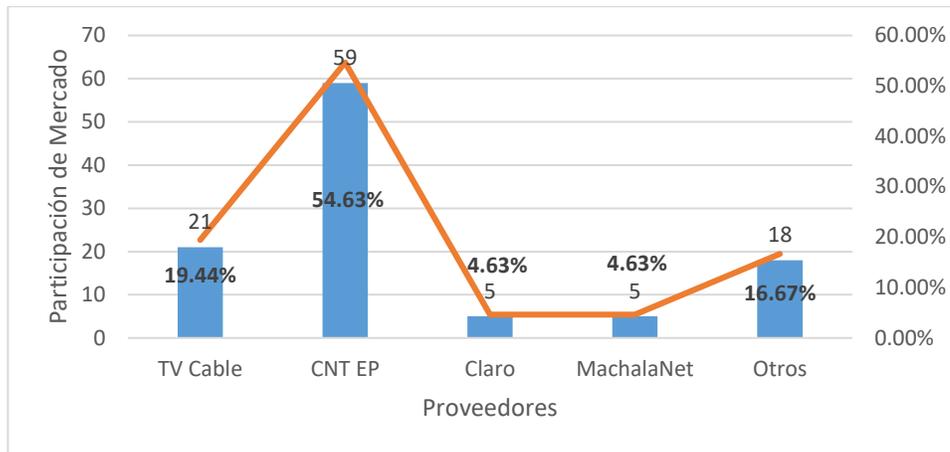


Figura 2.9: Proveedores Actuales

Fuente: Encuesta realizada por el Autor

Interpretación: Podemos observar que tenemos un numero de 17 proveedores, de los cuales los más fuertes son CNT EP con el 54.63%, TV Cable con el 19.44%, Machalanet y Claro con el 4.63%.

5.- ¿Para qué actividades utiliza Internet?

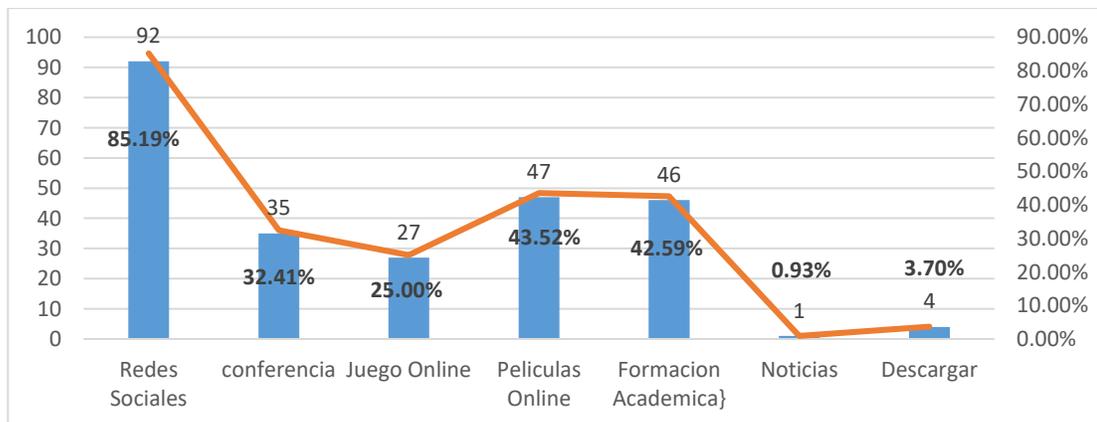


Figura 2.10: Actividades realizadas en Internet

Fuente: Encuesta realizada por el Autor

Interpretación: Se tiene siete actividades principales, siendo redes sociales la principal con un 85.19%, Películas online 43.52%, Formación académica 42.59%.

6.- ¿Está conforme con su proveedor actual?

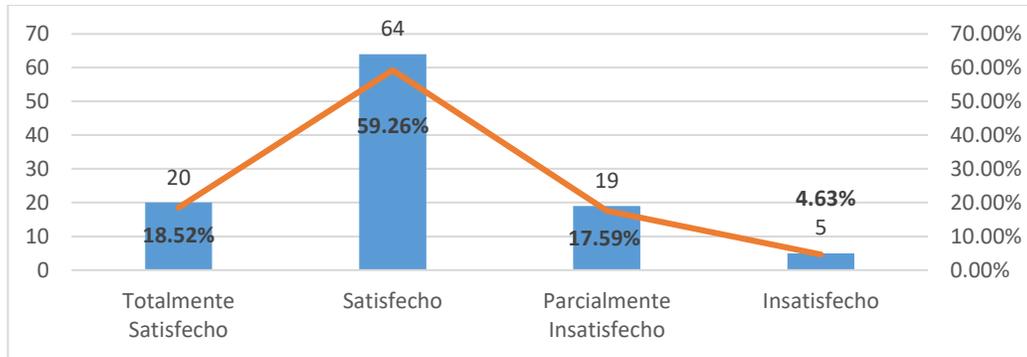


Figura 2.11: Satisfacción del cliente con los proveedores actuales

Fuente: Encuesta realizada por el Autor

Interpretación: De los datos recolectados un mayor porcentaje para Totalmente satisfecho y Satisfecho.

7.- ¿Qué medio de enlace utiliza su proveedor actual?

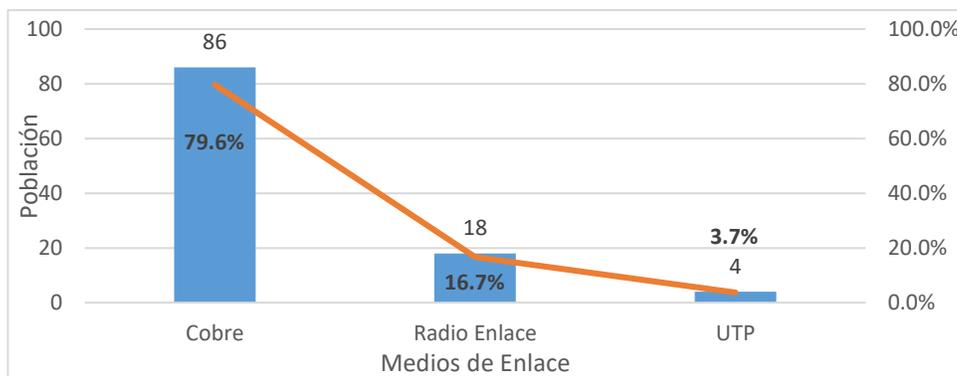


Figura 2.12: Medios de enlace actuales

Fuente: Encuesta realizada por el Autor

Interpretación: En el sector el medio de comunicación predominante es el cobre, seguido por Radio enlace, el uso de UTP es muy bajo.

8.- ¿Qué problemas ha tenido con su proveedor actual?

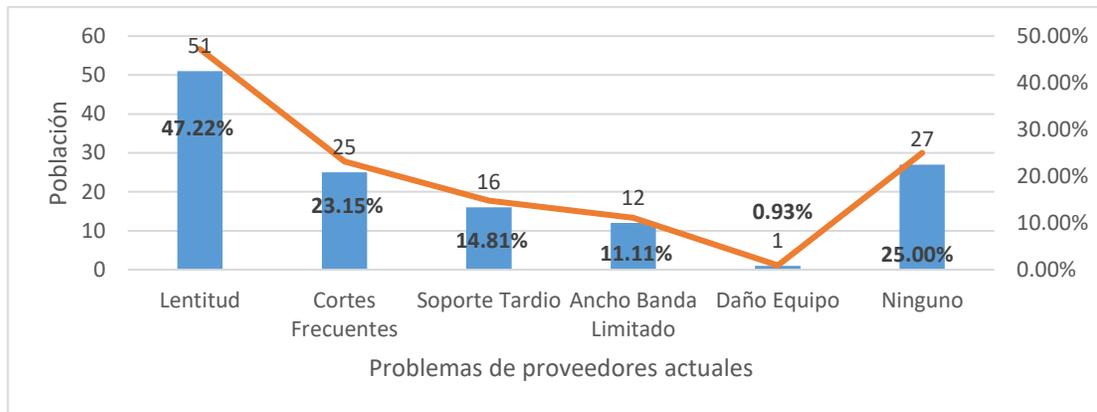


Figura 2.13: Problemas de los proveedores Actuales

Fuente: Encuesta realizada por el Autor

Interpretación: Solo un 25% de los encuestados aseguran no tener problemas con el servicio, de ahí un 47.22% indica tener problemas de lentitud y un 23.15% cortes frecuentes del servicio.

9.- ¿Que ancho de Banda Tiene con su proveedor actual?

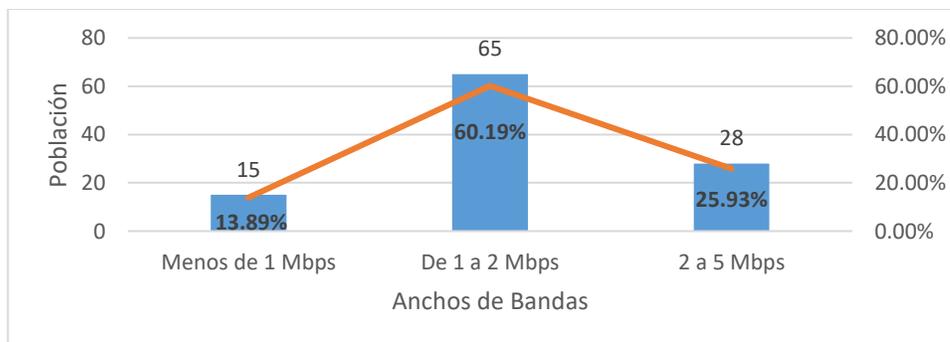


Figura 2.14: Ancho de Banda utilizado

Fuente: Encuesta realizada por el Autor

Interpretación: El ancho de banda más utilizado es el de 1 a 2 Megas.

10.- ¿Conoce Netlife?

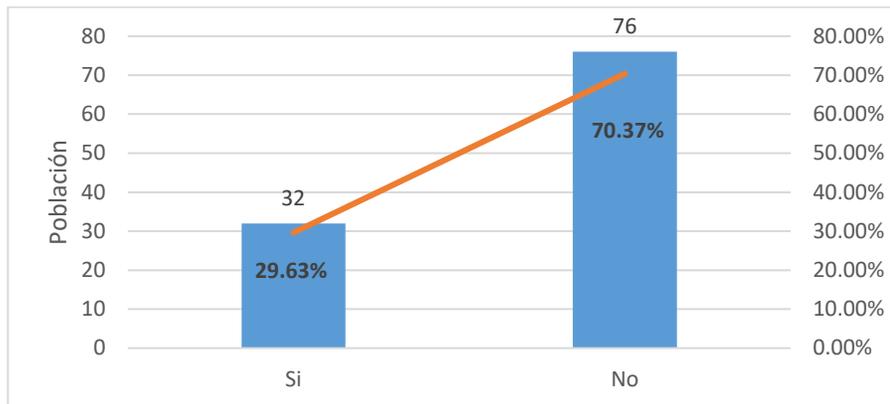


Figura 2.15: Conoce Netlife

Fuente: Encuesta realizada por el Autor

Interpretación: solo un 29.63% conoce la marca Netlife, para los demás es totalmente desconocida.

11.- ¿Le gustaría adquirir servicio de internet por fibra óptica hasta su casa de Netlife?

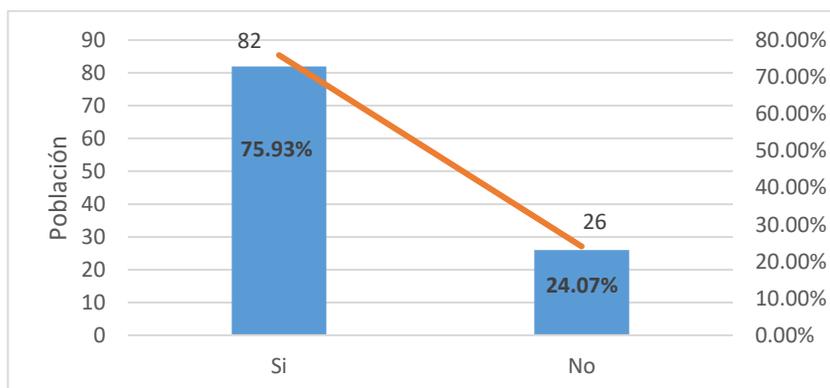


Figura 2.16: Adquirir servicio por Fibra Óptica

Fuente: Encuesta realizada por el Autor

Interpretación: Pese a no conocer la marca, un 75.93% estaría dispuesto a contratar los servicios de Netlife.

12.- Los ingresos promedios de su familia son:

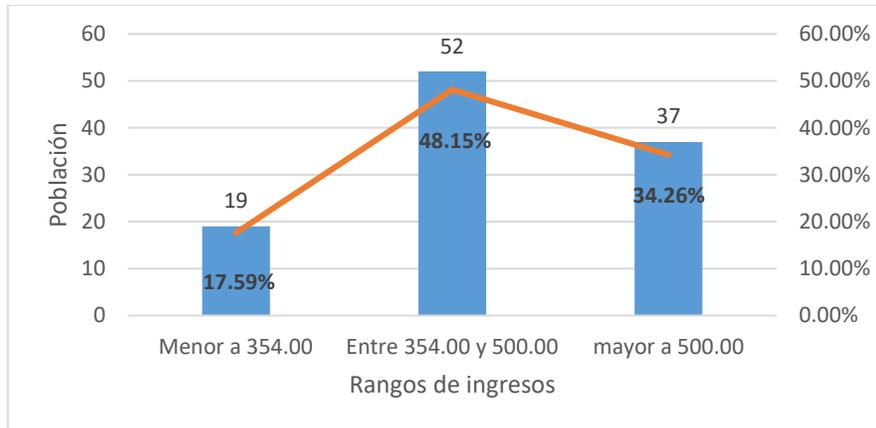


Figura 2.17: Poder adquisitivo del Sector de Estudio

Fuente: Encuesta realizada por el Autor

Interpretación: La población del sector tiene en su gran mayoría ingresos superiores al Sueldo Básico Unificado con un 48.15% y un 34.26% superiores a los \$ 500.00.

CAPITULO III

PROPUESTA.

3.1. ESTUDIO DE MERCADO.

3.1.1. POTENCIALES CLIENTES.

Nuestros potenciales clientes son todos aquellos usuarios de internet de Hogares, Profesionales, Pymes ubicados en el sector Sur de Machala (Ver figura 3.1). Sus necesidades y requerimientos para el servicio de internet son:

- ✓ Estabilidad
- ✓ Soporte a tiempo
- ✓ Ancho de Banda
- ✓ Escalabilidad

Tomando como base los resultados de nuestra encuesta con respecto a la pregunta 6 **satisfacción con el proveedor actual** donde el 4.63% está **insatisfecho** y el 17.59% **Parcialmente insatisfecho**, lo cual da 22.22% de la población tiene serios problemas con el servicio.

En la encuesta también se consultó si conocen la empresa Netlife, obteniendo una respuesta favorable del 29.63% y el 70.37% no la conoce, sin embargo la pregunta 11 **¿Le gustaría adquirir servicio de internet por fibra óptica hasta su casa?** Dio como resultado que el 75.93% de los encuestados si estarían dispuestos a contratarlo.

3.1.2. ANALISIS DEL CONSUMIDOR.

De nuestra encuesta realizada tenemos que las principales actividades que realizan en internet los encuestados son:

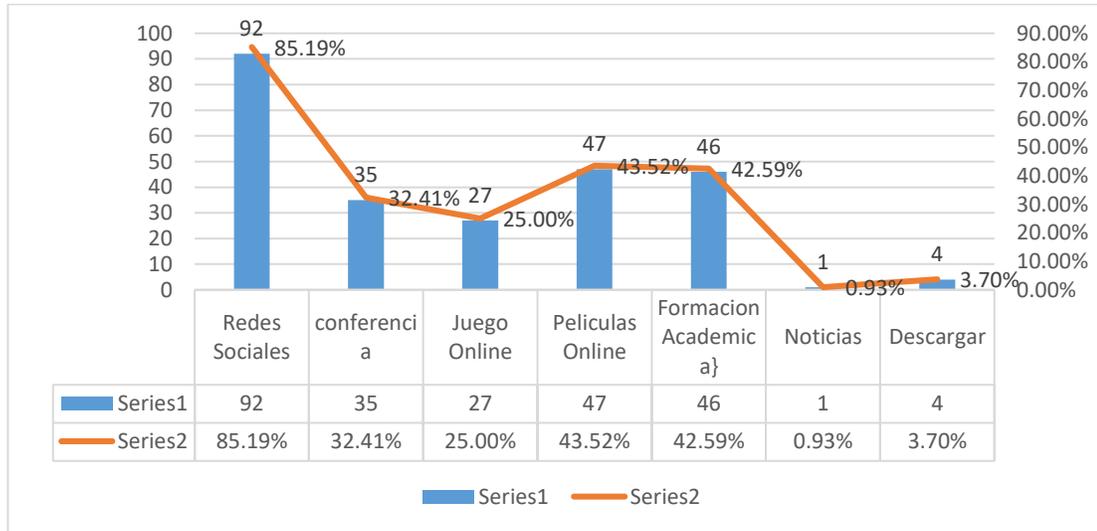


Figura 3.1: Actividades de los usuarios en Internet

Fuente: Encuesta realizada por el Autor.

En este Figura podemos observar que el 85.19% de las personas lo utilizan para redes sociales, seguido por un 43.52% para ver películas online. Si revisamos la información publicada por el INEC en su **Encuesta de condiciones de Vida 2014** la misma que involucraba a la población mayor de 12 años donde obtuvieron como resultado que el ecuatoriano dedica 7.21 horas diarias al internet, de las cuales 6.35 horas son en redes sociales, podemos concluir que los resultados de la encuesta no están alejados de la realidad.

Como segunda actividad de los usuarios encuestados tenemos **películas online** con un **43.52%**, por tal motivo es muy importante para ellos la estabilidad del servicio, el consumo del ancho de banda y su estabilidad, a continuación tenemos un gráfico con las estadísticas de velocidad de conexión hacia uno de los portales de películas online:

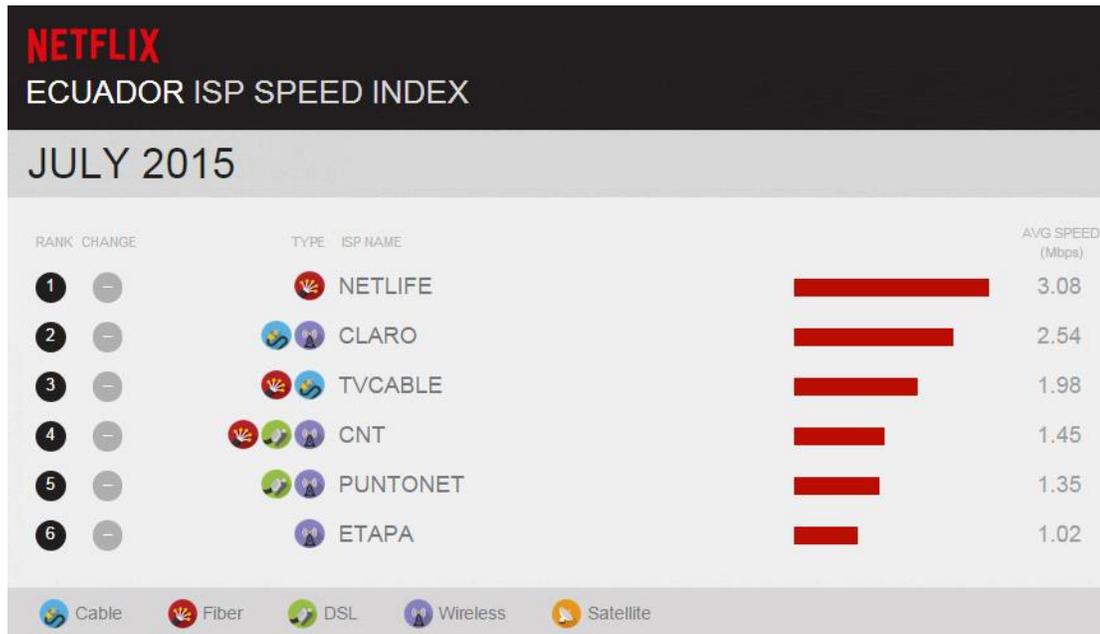


Figura 3.2: Velocidad promedio de descarga por ISP de Ecuador

Fuente: (NETFLIX, 2015)

El rango de edad que mayor uso de internet tuvo es desde los 18 años hasta los 23 años, con un porcentaje del 65.14% de los encuestados, el 34.86% se encuentra distribuido hasta la edad 45 años que es el máximo de la edad registrado.

3.1.3. COMPETENCIA

La competencia en esta línea de negocio como el internet está constituida por algunas empresas pequeñas de tipo local, también están presentes en la zona empresas medianas con cobertura provincial, y podemos encontrar a las más fuertes siendo estas un grupo menor pero con una cobertura nacional.

Como se indicó en el punto anterior la mayoría de las empresas presentes en el mercado tienen serios problemas al brindar su servicio, estos en la mayor

parte de los casos se derivan por los medios de comunicación utilizados (ver gráfico 3.3), o el servicio al cliente al momento de requerir un soporte de lo indicado por los encuestados este es tardío.

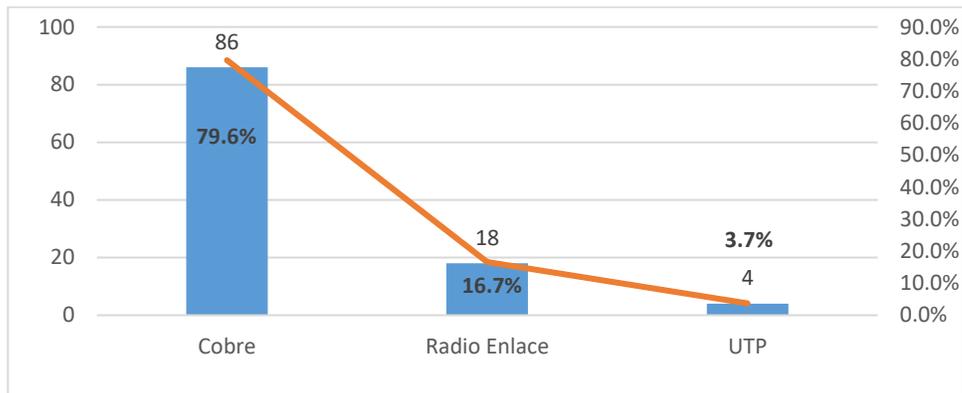


Figura 3.3: Medios de comunicación utilizados en el sector

Fuente: Encuesta realizada por el Autor

Como podemos observar el medio más utilizado como última milla por los proveedores es el cobre, esto obedece a que el proveedor con mayor participación de mercado es CNT y TV Cable los que utiliza ADSL y HFC respectivamente. El Radio enlace quedando en segundo lugar con un 16.7% el mismo que es utilizado por ISP de tipo local.

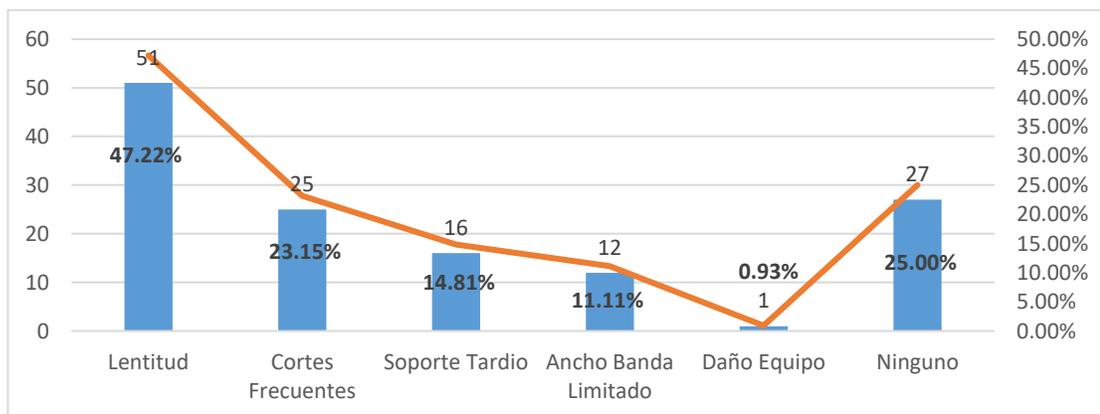


Figura 3.4: Problemas más frecuentes con el servicio

Fuente: Encuesta realizada por el Autor

El mayor problema que presentan en el servicio los proveedores actuales, es el de lentitud, entiéndase por lentitud a la demora al navegar, descargas de internet, si observamos las tabla de precios de la competencia en la sección 4.1.5 los dos proveedores con mayor participación de mercado dan su servicio con una compartición de 8 a 1, he inclusive en sus información de restricciones advierten que la velocidad del internet va a depender de los usuarios que utilicen el servicio al mismo tiempo “La velocidad de navegación depende del número de usuarios que naveguen al mismo tiempo.” (CNT EP, 2015)

Pero que es la compartición 8 a 1, esto se refiere a que si un abonado contrata un plan de 3 Mbps (Megas), cuando todos los abonados del sector estén utilizando el servicio (hora pico) el máximo de ancho de banda estaría dado por 3 dividido 8 lo que nos da un ancho de banda de 0,37 Mbps

3.1.4. COMPETIDORES DIRECTOS.

Con la tabulación de la información recopilada en las encuestas tenemos que en el sector hay un total de 17 ISP que dan su servicio de internet, pero los que marcan una gran diferencia son CNT y TV Cable (SURATEL S.A.). Estos dos proveedores son los que tienen la mayor participación de mercado, a continuación la figura de su participación de mercado:

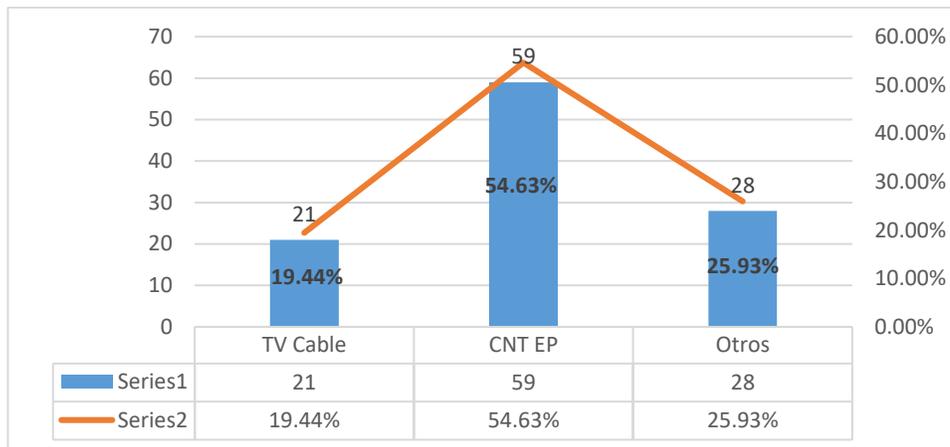


Figura 3.5: Participación de Mercado Competidores directos

Fuente: Encuesta realizada por el Autor.

A continuación tenemos los datos registrados en el portal de la ARCOTEL (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE SERVICIOS DE LAS TELECOMUNICACIONES) con cierre a Marzo de 2015.

Servicio de Valor Agregado de Internet Proveedores del Servicio de Internet-Marzo 2015 Fecha de publicación: Julio 2015		
PERMISIONARIO	TOTAL ABONADOS	% DE PARTICIPACIÓN
CNT	784.826	57,21%
SURATEL	168.247	12,26%
ECUADORTELECOM	123.277	8,99%
MEGADATOS	81.827	5,96%
ETAPA EP	65.778	4,79%
PUNTONET S.A.	41.638	3,04%
TELCONET	8.931	0,65%
CONECEL	879	0,06%
LEVEL 3	695	0,05%
OTECCEL	616	0,04%
OTROS	95.207	6,94%
TOTAL	1.371.921	100,00%

Figura 3.6: Participación de Mercado Escala Nacional

Fuente: (ARCOTEL, 2015)

Si realizamos un análisis podemos observar que los resultados de los cuadros tanto de la Encuesta realizada como de la ARCOTEL, los valores son similares y reflejan la realidad en cuanto a participación de mercado de los dos principales competidores presentes en nuestra área de estudio.

3.1.5. COMPETIDORES INDIRECTOS

Los competidores indirectos para nuestro potencial mercado son las operadoras móviles como Conecel (Claro, Otecel (Mosvistar), CNT Mobil. Estas operadoras están ofreciendo el servicio 4G LTE con velocidades altas de transmisión

Los planes de datos que estas compañías ofrecen son aún muy costosos y los Megas asignados se consumen pronto si el usuario interactúa bastante en internet. Los precios los veremos en el siguiente punto.

3.1.6. PRECIOS DEL MERCADO

A continuación detallamos una lista de tarifas y planes de los competidores directos CNT EP:

Bajada	Subida	Costo Mensual	Inscripción	Compartido
3 Mbps	1 Mbps	\$ 18.00	\$ 50.00	Hasta 8:1
5 Mbps	2 Mbps	\$ 24.90	\$ 50.00	Hasta 8:1

Figura 3.7: Precios de planes CNT EP

Fuente: Elaborado autor con información página Web del proveedor

A continuación tenemos los precios de TV Cable:

Bajada	Subida	Costo Mensual	Inscripción	Compartido
3.6 Mbps	700 Kbps	\$ 19.90	Sin costo	Hasta 8:1
5.6 Mbps	700 Kbps	\$ 29.90	Sin costo	Hasta 8:1

Figura 3.8: Precios de planes TV Cable

Fuente: Elaborado autor con información página Web del proveedor

A continuación tenemos los precios de los competidores indirectos:

Paquete	Claro	Movistar	CNT
1000 Mb	22,4	22,39	19,99
2000 Mb	33,6	33,69	29,99

Figura 3.9: Precios competidores indirectos

Fuente: Elaborado por el Autor con información de las páginas web de cada operadora.

3.1.7. ANALISIS FODA.

A continuación tenemos nuestro cuadro FODA:

<p>Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Estabilidad disponible por el medio de comunicación a utilizarse. ✓ Escalabilidad a nivel de usuarios. ✓ Escalabilidad a nivel de ancho de banda. ✓ Mayores distancias de cobertura. 	<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ En el sector no existen proveedores que ofrezcan fibra óptica hasta el hogar. ✓ Mercado latente. ✓ Convergencia de servicios
<p>Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Falta de capital para la inversión. ✓ Falta de Equipos para mantenimiento de la red de fibra son costosos. ✓ No contar con servicio de Telefonía y televisión por cables en comparación con otros proveedores mejor posicionados. 	<p>Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Implementación de las redes 4G por parte de las telefónicas móviles. ✓ Encarecimiento de equipos utilizados por los aranceles aplicados.

3.2. ESTUDIO TECNICO

3.2.1. TAMAÑO DEL PROYECTO



Figura 3.10: Zona de Cobertura

Fuente: Google Earth

Como ya se ha indicado en páginas anteriores, este proyecto de red FTTH dará cobertura al sector Sur de Machala, el mismo que se encontraría delimitado por el ex Aeropuerto de Machala, Ave. Las Palmeras en sentido Norte – Sur, Ave. Colon Tinoco desde su intersección con el ex Aeropuerto.

En esta zona de cobertura se crearan 2 Rutas de fibra óptica con una capacidad de 12 cajas de dispersión por cada ruta. Para el tendido troncal se utilizara fibra óptica monomodo de 144 hilos, la misma que está formada por 12 Buffers de 12 hilos cada uno.

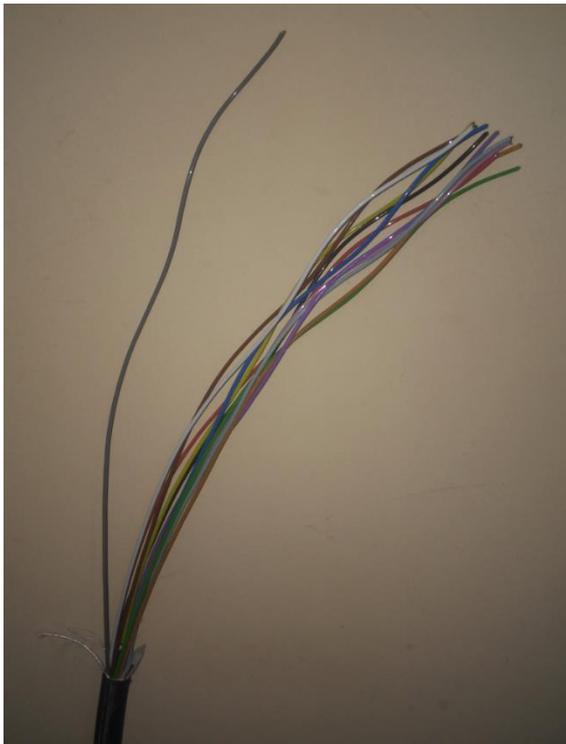


Figura 3.11: Fibra 144 hilos

Fuente: Foto tomada por el Autor

3.2.2. INGENIERIA DEL PROYECTO

A continuación analizaremos los aspectos de ingeniería del proyecto:

3.2.2.1. Diagrama Lógico de la Red

Como ya analizamos los elementos de las redes GPON en el capítulo I, el diseño de nuestra red FTTH será con la arquitectura Punto – Multipunto, para esto se colocara un equipo OLT en el nodo Central y el primer nivel de splitters 1/4, desde este nodo central se tendera fibra óptica hasta cada punto de distribución donde se colocaran los splitters de 1/16 para realizar la distribución a los usuarios mediante acometidas con fibra óptica.

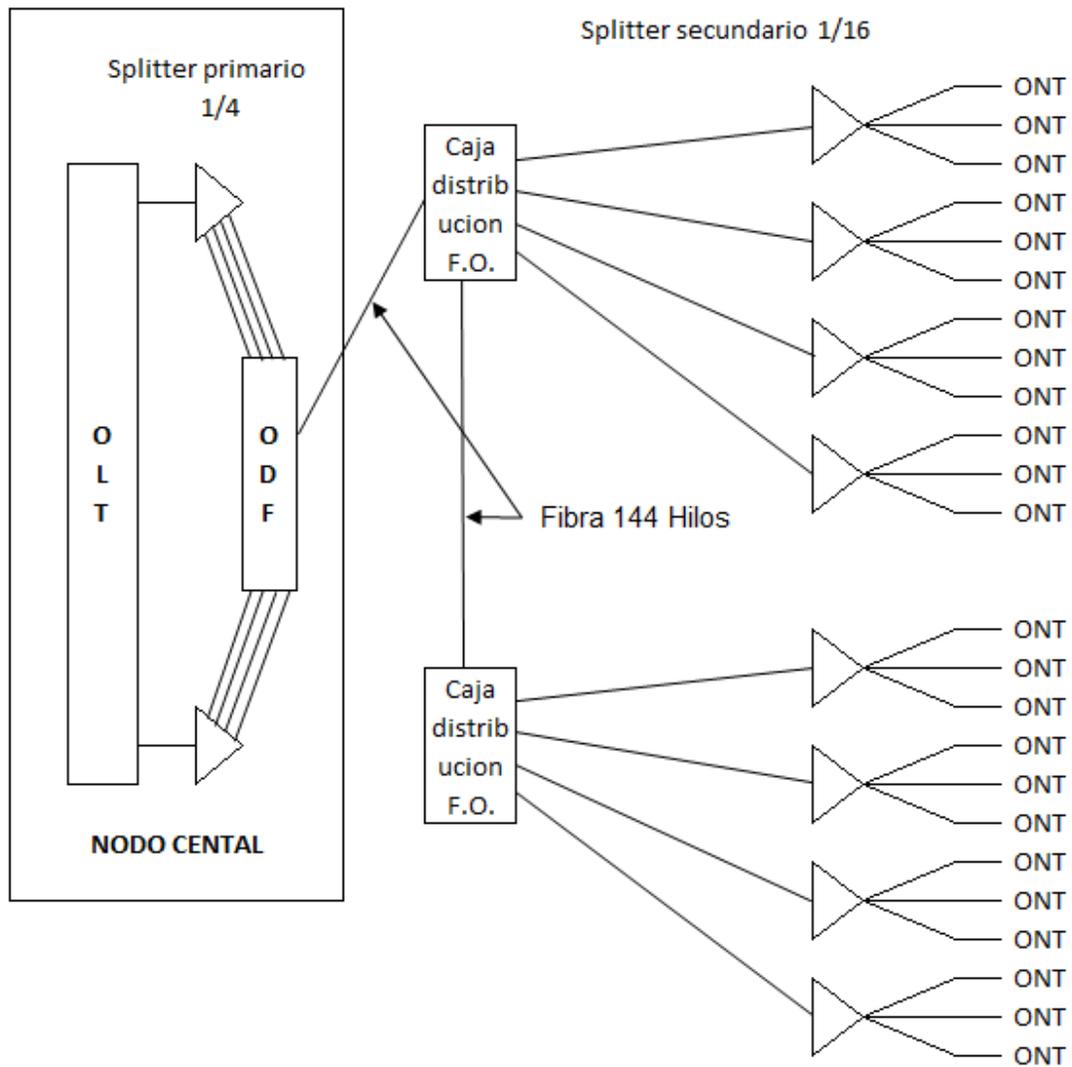


Figura 3.12: Diagrama lógico de la Red

Fuente: Elaborado por el Autor

Si analizamos el diseño lógico propuesto tenemos que la topología con la que se apega es la de tipo Árbol.

3.2.2.2. Esquema físico de la Red

Para lograr una cobertura en el sector donde se realiza el estudio y diseño de la red, se ha decidido dividir el área en 24 zonas.

En la ilustración que está a continuación podemos observar las áreas de nuestro diseño:



Figura 3.13: Distribución de Zonas de Cobertura

Fuente: Elaborado por el Autor, utilizando Google Earth

Cada zona contiene una caja de distribución de fibra y dos a tres splitters de 1/16 dependiendo del área de la zona y la densidad de las viviendas.

A continuación vamos a visualizar la **Zona 18** en la que se tiene una caja de distribución de fibra y 3 splitters para cliente, también podemos observar las rutas de fibras a cada caja de splitter. La ubicación de las cajas es con la finalidad de que la fibra necesaria para los abonados no sobre pase los 200m.



Figura 3.14: Distribución de la Red FTTH Zona 18

Fuente: Elaborado por el Autor – Google Earth

3.2.2.3. Análisis de distancias

El siguiente cuadro muestra la distancia de fibra óptica a las diferentes cajas de distribución y la distancia de fibra óptica desde estas cajas hacia los diferentes splitters:

Origen	Destino	Distancia (m)	Origen	Destino	Distancia (m)
Zona 1			Zona 2		
Nodo Central	Caja 1	307	Nodo Central	Caja 2	692
Caja 1	Splitter 1-1	92	Caja 2	Splitter 2-1	172
	Splitter 1-2	58		Splitter 2-2	101
Zona 3			Zona 4		
Nodo Central	Caja 3	921	Nodo Central	Caja 4	1304
Caja 3	Splitter 3-1	73	Caja 4	Splitter 4-1	290
	Splitter 3-2	20		Splitter 4-2	270
	Splitter 3-3	128			
Zona 5			Zona 6		
Nodo Central	Caja 5	1707	Nodo Central	Caja 6	1945
Caja 5	Splitter 5-1	141	Caja 6	Splitter 6-1	52
	Splitter 5-2	50		Splitter 6-2	156
Zona 7			Zona 8		
Nodo Central	Caja 7	2305	Nodo Central	Caja 8	2589
Caja 7	Splitter 7-1	126	Caja 8	Splitter 8-1	185
	Splitter 7-2	45		Splitter 8-2	172
Zona 9			Zona 10		
Nodo Central	Caja 9	3142	Nodo Central	Caja 10	3700
Caja 9	Splitter 9-1	195	Caja 10	Splitter 10-1	153
	Splitter 9-2	180		Splitter 10-2	190
				Splitter 10-3	150
Zona 11			Zona 12		
Nodo Central	Caja 11	3855	Nodo Central	Caja 12	4129
Caja 11	Splitter 11-1	50	Caja 12	Splitter 12-1	135
	Splitter 11-2	182		Splitter 12-2	45

Figura 3.15: Distancias de fibra de la Ruta 1

Fuente: Elaborado por el Autor

Origen	Destino	Distancia (m)	Origen	Destino	Distancia (m)
Zona 13			Zona 14		
Nodo Central	Caja 13	305	Nodo Central	Caja 14	721
Caja 13	Splitter 13-1	165	Caja 14	Splitter 14-1	145
	Splitter 13-2	45		Splitter 14-2	65
	Splitter 13-3	175			
Zona 15			Zona 16		
Nodo Central	Caja 15	1174	Nodo Central	Caja 16	1664
Caja 15	Splitter 15-1	318	Caja 16	Splitter 16-1	170
	Splitter 15-2	45		Splitter 16-2	50
	Splitter 15-3	155			
Zona 17			Zona 18		
Nodo Central	Caja 17	2068	Nodo Central	Caja 18	2510
Caja 17	Splitter 17-1	115	Caja 18	Splitter 18-1	80
	Splitter 17-2	50		Splitter 18-2	130
				Splitter 18-3	195
Zona 19			Zona 20		
Nodo Central	Caja 19	2790	Nodo Central	Caja 20	3333
Caja 19	Splitter 19-1	80	Caja 20	Splitter 20-1	155
	Splitter 19-2	140		Splitter 20-2	140
Zona 21			Zona 22		
Nodo Central	Caja 21	3552	Nodo Central	Caja 22	3856
Caja 21	Splitter 21-1	170	Caja 22	Splitter 22-1	110
	Splitter 21-2	45		Splitter 22-2	110
				Splitter 22-3	
Zona 23			Zona 24		
Nodo Central	Caja 23	4178	Nodo Central	Caja 24	4538
Caja 23	Splitter 23-1	125	Caja 24	Splitter 24-1	105
	Splitter 23-2	226		Splitter 24-2	120
	Splitter 23-3	100		Splitter 24-2	100

Figura 3.16: Distancias de fibra de la Ruta 2

Fuente: Elaborado por el Autor

Como podemos observar en las tablas anteriores la caja 12 de la ruta 1 y la caja 24 de la ruta 2 son las más distantes del nodo central, se procederá a realizar el cálculo de potencia en función de estas dos cajas y sus respectivos splitters.

3.2.2.4. Presupuestos de enlaces

El cálculo del presupuesto del enlace consiste en calcular la atenuación total de nuestra línea desde el OLT hasta el abonado, para esto se considera los niveles de splitters, empalmes, conectores, y distancia de fibra óptica. A continuación tenemos la gráfica de la línea más distante en la ruta 1, tomando como referencia un tendido de 200m máximo desde el splitter al abonado.

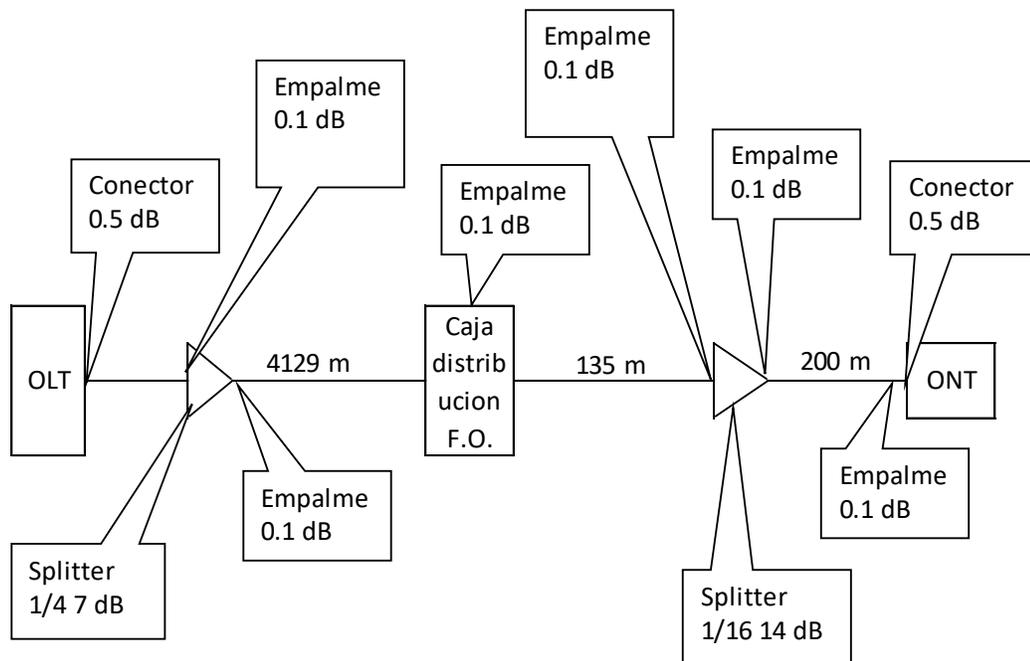


Figura 3.17: Escenario para cliente en Ruta 1 máximo alcance

Fuente: Elaborado por el Autor

Como podemos observar en la figura anterior, tenemos los siguientes datos:

- ✓ Fibra Óptica: $4129 + 135 + 200 = 4464\text{m} \approx 4.5 \text{ Km}$
- ✓ Conectores: 2
- ✓ Splitter 1/4: 1

- ✓ Splitter 1/16: 1
- ✓ Empalmes: 6

Elemento	Atenuación individual	Cantidad	Atenuación total
Conectores	0,5	2	1
Empalmes	0,1	6	0,6
Splitter 1/4	7,0	1	7
Splitter 1/16	14	1	14
Fibra SM	0,4	4,5	1,8
Total Atenuación (dB):			24,4

Figura 3.18: Calculo máxima atenuación Ruta 1

Fuente: Elaborado por el Autor

Para el enlace con mayor alcance en la ruta 2, tenemos la siguiente figura:

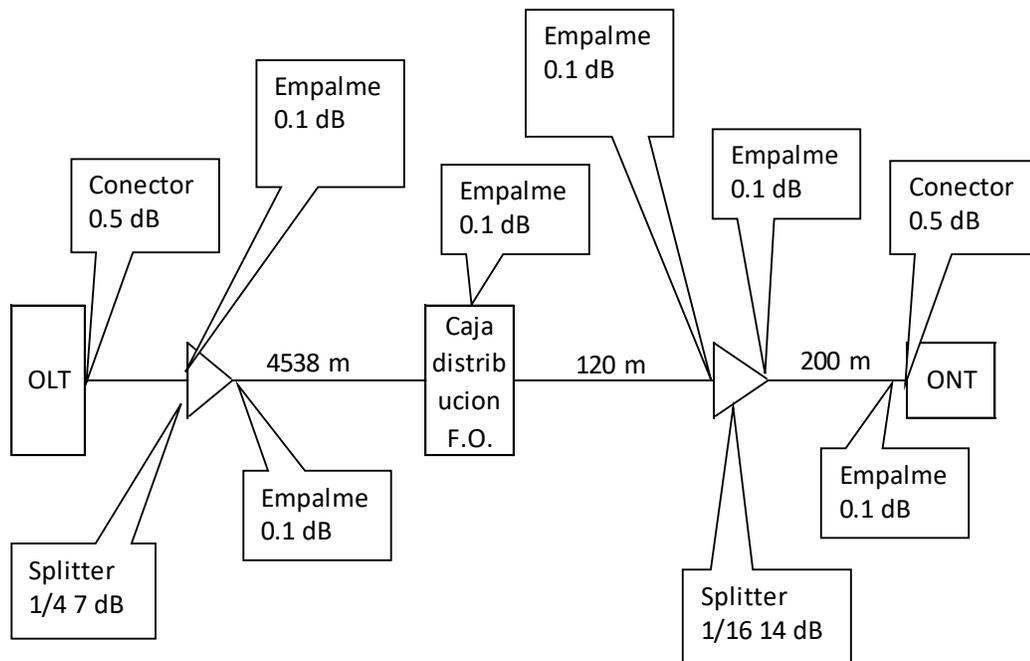


Figura 3.19: Escenario para cliente en Ruta 2 máximo alcance

Fuente: Elaborado por el Autor

Como podemos observar en la figura anterior, tenemos los siguientes datos:

- ✓ Fibra Óptica: $4538 + 135 + 200 = 4858 \text{ m} \approx 4.9 \text{ Km}$
- ✓ Conectores: 2
- ✓ Splitter 1/4: 1
- ✓ Splitter 1/16: 1
- ✓ Empalmes: 6

Elemento	Atenuación individual	Cantidad	Atenuación total
Conectores	0,5	2	1
Empalmes	0,1	6	0,6
Splitter 1/4	7,0	1	7
Splitter 1/16	14	1	14
Fibra SM	0,4	4,9	1,96
Total Atenuación (dB):			24,56

Figura 3.20: Calculo máxima atenuación Ruta 1

Fuente: Elaborado por el Autor

Con los resultados obtenidos de ambas rutas, podemos notar que la ruta 2 tiene una atenuación superior de 0,16 dB con respecto a la ruta 1, esta diferencia corresponde a que la ruta dos tiene 400m mas de fibra.

Los ONT que debemos adquirir deben soportar atenuaciones superiores a los 25 dB.

3.2.2.5. Conexiones OLT – Splitters Primario

Como se explicó en la sección 4.2.2.1 nuestro diseño tiene dos niveles de splitters, el nivel primario va a estar colocado en el nodo, se utilizara un ODF para la distribución y conexión de los hilos de fibra al OLT. En la siguiente imagen podemos observar una conexión en un nodo.

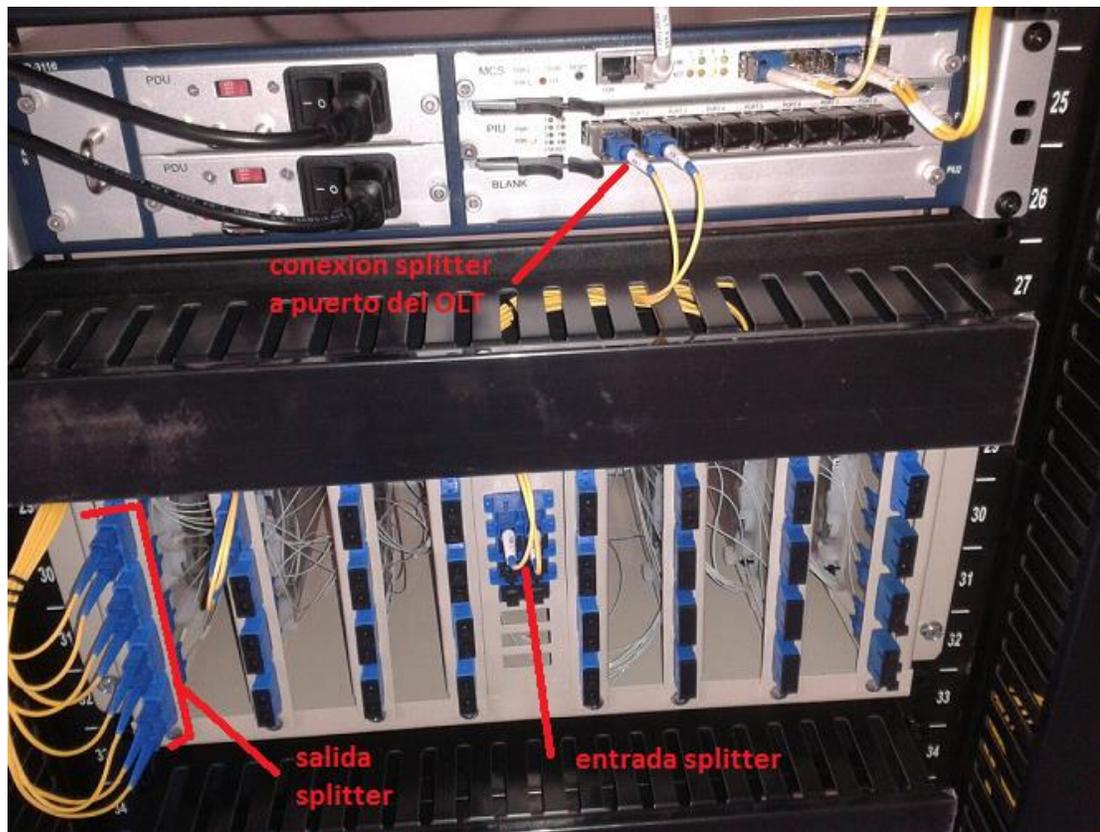


Figura 3.21: Conexión entre splitter y OLT

Fuente: Nodo Comunicaciones

En la red de la figura anterior se utiliza un splitter de 8/1 para el primer nivel o nivel primario, podemos observar que en la salida del splitter están conectados 8 patch de fibra todos ellos se alimentan del hilo de la entrada, el mismo que se conecta a un puerto del OLT.

3.2.2.6. Ancho de banda por usuario

Acorde a lo expuesto en la sección 1.8.1.2. del capítulo uno, las redes GPON son simétricas y asimétricas. Tomando en consideración que a cada puerto del OLT se conectara un splitter de primer nivel de 1/4 y detrás de cada salida un segundo nivel de splitter de 1/16, tendremos 64 clientes por puerto. Esto

quiere decir que cuando nuestro OLT esté operando a su máxima capacidad, es decir que todos los 64 usuarios que dependen de ese puerto estén utilizando el servicio de internet, estos pueden llegar a una velocidad de navegación máxima de 38.87 Mbps

	Capacidades del puerto	1/32 Usuarios	1/64 usuarios
Downstream	2488 Mbps	77,75	38,875
Upstream	2488 Mbps	77,75	38,875

Figura 3.22: Velocidad por usuarios según abonados por puerto

Fuente: Elaborado por el Autor

De la encuesta realizada se observa que los usuarios utilizan planes de máximo 3 a 5 Mbps compartidos en el sector, con la información de la tabla anterior podemos observar que la capacidad de nuestro diseño trabajando a su máxima capacidad es un 776% superior al uso actual.

3.2.2.7. Capacidad de abonados de la Red

El diseño contempla 2 rutas de fibra óptica, cada ruta con 12 cajas de distribución y en cada caja 12 hilos.

Para cada ruta basándonos en estos datos tendríamos un total de 144 Hilos, cada hilo se conecta con un splitter de 1/16, por lo tanto la capacidad de cada Ruta de nuestro diseño es el siguiente:

	Ruta 1	Ruta 2
Splitters	26	30
Usuarios/splitters	16	16
Total Ruta	416	480
Total Red	896	

Figura 3.23: Calculo de usuarios de la Red**Fuente:** Elaborado por el Autor

La escalabilidad del diseño es muy significativo, esto se da por lo siguiente, tenemos dos rutas de 144 hilos cada una, esto nos da un total de 188 hilos, si cada hilo mediante splitters da servicio a 16 abonados, la capacidad de nuestra red esta dada por:

Hilos = $144 + 144$

Abonados por hilo = 16

Total Abonado de Red = 288×16

Total Abonado de Red = 4680

En función de la capacidad actual con la máxima capacidad de abonados del diseño nuestra red tendría un 514% de escalabilidad a nivel de abonados.

3.3. ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO

En esta sección analizaremos los costos que se implicarían si se desea llevar a cabo este proyecto, en los anexos podemos encontrar las proformas de los materiales detallados.

3.3.1. COSTO DEL NODO CENTRAL

A continuación tenemos la tabla con el costo de los equipos y materiales para implementar el nodo central.

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Total
1	Rack 7 Pies	121,94	121,94
1	OLT	5927,00	5927,00
14	Splitters 1/4	34,49	482,86
56	Splitters 1/16	45,00	2520,00
1	Patch LC-LC 3m	18,49	18,49
7	Patch SC-SC 3m	3,92	27,44
3	ODF 144 Hilos	100,00	300,00
64	Patch FO 2m	3,37	215,68
174	Módulos Dobles	0,56	97,44
3	Organizadores 80X80 19 Plg	20,00	60,00
1	UPS APC Online de 1.5 Kva	624,00	624,00
4	Baterías 12V everexceed	233,00	932,00
1	Banco para baterías	80,00	80,00
1	Multitoma Rackeable	29,73	29,73
1	ATS	67,00	67,00
TOTAL:			11503,58

Figura 3.24: Tabla de costos de equipos y materiales nodo central

Fuente: Elaborado por el Autor

3.3.2. COSTOS RUTA 1

La ruta costa de 12 cajas, se colocaran 26 cajas de splitters, sus costos son los siguientes:

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Total
12	Cajas FTTH	141,71	1700,52
12	Cassettes 24 hilos	13,00	156,00
16	Módulos Dobles	0,56	8,96
6	Cajas de tubillos	2,50	15,00
36	Patch Fibra Óptica 2m	3,37	121,32
26	Splitters 1/16	45,00	1170,00
26	Cajas para Splitters	38,00	988,00
4129	Fibra Óptica 144 Hilos	3,06	12634,74
3500	Fibra Óptica 2 Hilos	0,35	1225,00
103	Herrajes Tipo Abrazadera Redonda	7,38	760,14
87	Kits para tendido fibra acceso	2,00	174,00
103	Grilletes de 1/2 Plg	0,60	61,80
1	Manga 3M para 144H	258,03	258,03
TOTAL:			19273,51

Figura 3.25: Tabla de costo de la Ruta 1

Fuente: Elaborado por el Autor

3.3.3. COSTO RUTA 2

Los costos que implicaría la construcción de la Ruta 2, son los siguientes:

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Total
12	Cajas FTTH	141,71	1700,52
12	Cassettes 24 hilos	13,00	156,00
22	Módulos Dobles	0,56	12,32
6	Cajas de tubillos	2,50	15,00
36	Patch Fibra Optica 2m	3,37	121,32
30	Splitters 1/16	45,00	1350,00
30	Cajas para Splitters	38,00	1140,00
4538	Fibra Óptica 144 Hilos	3,06	13886,28
3629	Fibra Óptica 2 Hilos	0,35	1270,15
113	Herrajes Tipo Abrazadera Redonda	7,38	833,94
180	Kits para tendido fibra acceso	2,00	360,00
113	Grilletes de 1/2 Plg	0,60	67,80
1	Manga 3M para 144H	258,03	258,03
TOTAL:			21171,36

Figura 3.26: Tabla de costo de la Ruta 2

Fuente: Elaborado por el Autor.

3.3.4. TENDIDO DE LAS RUTAS

Hasta ahora hemos analizado los costos de los materiales y equipos a utilizar para las rutas diseñadas, es necesario tomar en consideración una parte muy esencial del diseño, el tendido de la fibra óptica.

Nuestro diseño contempla el uso de 2 tipos de fibra óptica, 144 hilos para la parte troncal, es decir la fibra que va desde el Nodo Central hasta la caja de distribución y fibra de 2 hilos que va desde la caja de distribución hasta las cajas de splitters.

Para los tendidos se puede utilizar el modo de planta externa, esto es contratar a una empresa para realice esta actividad, a continuación tenemos un cuadro con los costos que implicaría esta actividad.

Tipo Fibra	Descripción	Cant. (m)	Valor Unitario	Total
144 Hilos	Troncal Ruta 1	4129	0,392	1618,57
2 Hilos	Caja de Distribución a Splitters	3500	0,392	1372,00
144 Hilos	Troncal Ruta 2	4538	0,392	1778,90
2 Hilos	Caja de Distribución a Splitters	3629	0,392	1422,57
			TOTAL:	6192,03

Figura 3.27: Costos tendido Fibra Óptica

Fuente: Elaborador por el Autor.

3.3.5. COSTO DE EQUIPOS

Los equipos a adquirir son dos fusionadoras con sus respectivas cortadoras y dos OTDR, esto con la finalidad de tener dos grupos de trabajo, uno fijo para instalaciones y el otro grupo sería para soportes.

Descripcion	Cantidad	Valor Unitario	Total
Fusionado Sumitomo Q101-CA	2	7569,14	15138,28
Cortadora Sumitomo FC-7R-F	2	1350,00	2700,00
OTDR Exfo MAX-710	2	3300,00	6600,00
			TOTAL:
			24438,28

Figura 3.28: Costos de equipos para Fibra Óptica

Fuente: Elaborado por el Autor

3.3.6. COSTO DEL DISEÑO

Para el costo total del diseño de la red se tomarán en consideración los costos del Nodo Central, las rutas 1 y 2 y los gastos incurridos en los tendidos, a continuación la tabla:

Descripción	Monto
Nodo Central	11503,58
Ruta 1	19273,51
Ruta 2	21171,36
Tendidos	6192,03
TOTAL:	58140,48

Figura 3.29: Costo total del diseño

Fuente: Elaborado por El Autor

Como se puede observar el costo de los equipos no se han sumado en la tabla anterior, esto obedece a que no es un ítem directo en el diseño de la red. Con esto datos y tomando en consideración que nuestra red tiene una capacidad de 56 splitters de 1/16, la capacidad máxima de usuario viene dada por $56 \times 16 = 896$ abonados, para tener un valor de cuanto nos cuesta la red por cada abonado lo obtenemos de la siguiente forma:

Inversión: 58140,48

Abonados: 896

Costo por abonado = $58140,48 / 896$

Costo por abonado = \$ 64,89

Es importante recalcar que este es el valor del costo de implementación de la red troncal por cada abonado, cálculo realizado al 100% de su capacidad.

3.3.7. INGRESOS POR VENTAS

Para el cálculo de los ingresos por ventas se tomara como referencia 3 instalaciones por día, esta estadística la manejaba inicialmente Netlife por cuadrilla, esto es 15 instalaciones a la semana y se tomara como año de estudio/proyección el 2016.

El siguiente cuadro muestra el crecimiento de los abonados por instalaciones en realizadas en el 2016:

Mes	Días			Instala- ción día	Abonados	
	Lun - vie	festivos	Labora- bles		Nuevos	Acumu- lados
Enero	21	1	20	3	60,00	60,00
Febrero	21	2	19	3	57,00	117,00
Marzo	23	1	22	3	66,00	183,00
Abril	21	0	21	3	63,00	246,00
Mayo	22	1	21	3	63,00	309,00
Junio	22	0	22	3	66,00	375,00
Julio	21	0	21	3	63,00	438,00
Agosto	23	1	22	3	66,00	504,00
Septiembre	22	0	22	3	66,00	570,00
Octubre	21	0	21	3	63,00	633,00
Noviembre	22	2	20	3	60,00	693,00
Diciembre	22	0	22	3	66,00	759,00

Fuente: Elaborado por el Autor

Como se puede observar en el cuadro anterior al termino del 2016 se tendría 759 abonados instalados de 896 posibles, con esta estimación la red estaría trabajando al 84.71% de su capacidad de abonados posibles.

Para el cálculo de los ingresos de efectivo se tomara un valor de \$ 30.00 por abonado, nótese que los primero ingresos que se obtendrán serán a partir de Febrero por este concepto.

Por concepto de instalación se tiene previsto cobrar un valor de \$ 80.00 por abonado.

A continuación tenemos el cuadro de ingresos previstos para el 2016:

Mes	Abonado		Ingresos		
	nuevos	acumulados	instalación	Servicio	Total mes
Enero	60,00	60,00	4800,00	0,00	4800,00
Febrero	57,00	117,00	4560,00	1800,00	6360,00
Marzo	66,00	183,00	5280,00	3510,00	8790,00
Abril	63,00	246,00	5040,00	5490,00	10530,00
Mayo	63,00	309,00	5040,00	7380,00	12420,00
Junio	66,00	375,00	5280,00	9270,00	14550,00
Julio	63,00	438,00	5040,00	11250,00	16290,00
Agosto	66,00	504,00	5280,00	13140,00	18420,00
Septiembre	66,00	570,00	5280,00	15120,00	20400,00
Octubre	63,00	633,00	5040,00	17100,00	22140,00
Noviembre	60,00	693,00	4800,00	18990,00	23790,00
Diciembre	66,00	759,00	5280,00	20790,00	26070,00
Enero 2017				22770,00	22770,00
Ingresos Generados 2016:					207330,00

Con las proyecciones de abonados y valores por instalación y servicio de internet en el año 2016 se realizaría una recaudación total de \$ 207330,00. Es importante que este valor no corresponde a la utilidad neta, puesto que se deberían calcular los costos involucrados, los mismos que no son objeto de este estudio.

CONCLUSIONES

La fibra óptica después de un análisis de sus ventajas y desventajas es el medio de comunicación que nos brinda mayor ancho de banda, estabilidad, fiabilidad y escalabilidad con respecto al cobre utilizado en las redes ADSL actualmente utilizadas en el sector de Estudio.

La aparición de las Redes Ópticas Pasivas a través del uso de equipos pasivos a lo largo de toda la red de distribución facilita la implementación y mantenimiento, además de reducir significativamente los costos en comparación con las redes de cobre convencionales.

Realizar el diseño de la red FTTH para el sector sur de Machala es viable debido a que nos permitirá llegar a un total de 896 usuarios con solo el uso de 56 hilos de fibra, esto reduce significativamente el costo de la Red Troncal de Distribución.

Por costos el diseño es viable también, si validamos el costo de la Red ADSL para 200 usuario de la proforma del Anexo 7, el precio por abonado es de \$ 150,92, mientras que para nuestro diseño es de \$ 64,89.

RECOMENDACIONES

Por definición del estándar de la ITU la distancia máxima de la ODN, esto es la distancia entre el OLT y el ONT no debe superar los 20 Km. Utilizar fibra monomodo por sus características de largo alcance y baja atenuación.

Para definir la distancia máxima del diseño, se debe verificar los niveles de splitters, las fusiones y conectores, estos elementos aumentan la atenuación total y la distancia de fibra podría disminuir, es muy importante estar dentro de los umbrales de trabajo del OLT y ONT.

De la encuesta realizada se observa que los principales problemas de los proveedores son la lentitud del servicio, cortes frecuentes y soporte fuera de tiempo, se recomienda trabajar en estos aspectos para lograr tener una alta satisfacción del cliente.

Es importante que el personal que va a realizar los trabajos tanto de tendido como de instalación de los equipos y elementos sea capacitado, una mala manipulación de la fibra, patch, conectores, splitters, etc. Podría aumentar los niveles de atenuación totales afectando el diseño.

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, M., Castagna, A., Cristiani, P., Zunino, P., Roldós, E., & Sandler, G. (2009). *Características generales de una red de fibra optica al hogar FTTH*. Uruguay: Universidad de Montevideo.
- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11(1-2), 333-338.
- Ander-Egg, E. (1993). *Técnicas de investigación Social* (Vigésima Tercera ed.). Buenos Aires, Argentina: Magisterio del Río de la Plata.
- ARCOTEL. (2015). *PARTICIPACIÓN DE MERCADO DEL SERVICIO DE VALOR AGREGADO DE INTERNET A TRAVÉS DE ACCESO FIJO MARZO 2015*. Quito.
- Arias, F. G. (2006). *El proyecto de Investigacion* (Quinta ed.). Caracas, Venezuela: Episteme.
- Cegarra Sánchez, J. (2004). *Metodología de la investigacion Científica y Tecnológica*. Madrid, España: Editorial Díaz de Santos, S.A.
- Chucheng Information Technology Co., Ltd. (s.f.). *CCIT*. Obtenido de http://chucheng.en.alibaba.com/product/60237165317-220199590/Huawei_HG861GPON_ONT.html
- CISCO. (s.f.). *Cisco Gigabit Interface Converter*.
- CNT EP. (2015). *Planes Internet Banda Ancha*. Obtenido de <https://www.cnt.gob.ec/internet/plan/internet-banda-ancha-hogar/>
- Corporacion Electrica del Ecuador . (s.f.). *Ministerio de Electricidad y Energia Renovable*. Obtenido de https://www.celec.gob.ec/transelectric/index.php?option=com_content&view=article&id=276&Itemid=557&lang=es
- FLORES ROSA, M. A. (2005). *Redes de Computadoras* (Primera ed.). Lima, Perú: EMPRESA EDITORA MACRO E.I.R.L.
- FTTH Council. (s.f.). *FTTH Concil*. Obtenido de <http://www.ftthcouncil.org>

- Guerrero Dávila, G. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Larousse - Grupo Editorial Patria. Obtenido de <http://www.ebrary.com>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (Cuarta ed.). (R. A. Alayón, Ed.) México D.F., México: McGraw-Hill.
- Huawei Technologies. (s.f.). 2014. Obtenido de http://www1.huawei.com/ucmf/groups/public/documents/webasset/hw_u_390023.pdf
- Huidrobo, J. M. (06 de 2006). *Ventajas y desventajas de las tecnologías de Banda Ancha*. Madrid: Antena de Telecomunicación.
- INEC. (2010). *Resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador*. Obtenido de Poblacion y Demografia.
- International Telecommunication Union. (1999). *RECOMENDACIÓN UIT-T G.992.1*. Ginebra: ITU.
- International Telecommunication Union. (07 de 2007). *ITU-T Recommendation G.651.1*. Ginebra, Suiza.
- International Telecommunication Union. (2012). *Recommendation ITU-T G.671*. Ginebra: ITU.
- International Telecommunication Union. (13 de Enero de 2014). *Recommendation ITU-T G.984.3*. Ginebra, Suiza.
- ITU. (2015). *ITU*. Obtenido de <http://www.itu.int/es/about/Pages/default.aspx>
- Lara Muñoz, E. M. (2011). *Fundamentos de investigación: un enfoque por competencias*. México, México: Alfaomega Grupo Editor . Obtenido de <http://www.ebrary.com>
- LIMITED YINGDA TECHNOLOGY. (s.f.). *TECNOLOGÍA DE YINGDA LIMITADA*. Obtenido de <http://spanish.fibreopticbox.com/sale-3843780-1-x-4-plc-single-mode-fiber-splitter-mini-module-900um-fft-x-passive-optical-with-connector.html>
- Millan Tejedor, R. d. (2010). *Ramon Millan*. Obtenido de <http://www.ramonmillan.com>

- Neri Vela, R. (2004). *Líneas de Transmision*. Mexico, D.F., Mexico: McGRAW-HILL.
- NETFLIX. (30 de Julio de 2015). *NETFLIX*. Obtenido de <http://ispspeedindex.netflix.com/ecuador>
- Nixon, P. (11 de Agosto de 2015). *Telefónica refuerza capacidad submarina con cable*. Obtenido de <http://www.bnamericas.com/es/news/telecomunicaciones/telefonica-refuerza-capacidad-submarina-con-cable/>
- Quinchagual Romero, A. E., & Rodríguez Formantel, N. H. (2013). Diseño de una red FTTH con tecnología G-PON para un sector de Paillaco. Valdivia, Chile.
- Ramos Ulate, D. (1 de Diciembre de 2012). Desarrollo de proyectos de FTTH en Costa Rica. San José, San José, Costa Rica.
- Sanguña Guevara, F. P. (1 de Marzo de 2010). Estudio Técnico de la red de comunicaciones para brindar los servicios de voz, internet y video por demana de una urbanizacion. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Sendín Escalona, A. (2008). *Tecnologías de acceso para las icts.el instalador, los servicios y las redes* (Primera ed.). Barcelona, España: Ediciones Experiencia, S.L.
- Sierra Bravo, R. (1991). *Diccionario prdctico de estadística*. Madrid: Paraninfo.
- Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigacion cientifica* (Cuarta ed.). (G. Noriega, Ed.) México: LIMUSA S.A.
- Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2012). *Redes de Computadoras* (Quinta ed.). (L. M. Castillo, Ed., & A. V. Elizondo, Trad.) Mexico, Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- Tinoco Alvear, J. D. (11 de 08 de 2011). Estudio y Diseño de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicio de voz, video y datos para la urbanizacion Los Olivos ubicada en el Sector Toctesol en la parroqui Borrero de la ciudad de Azoguez. Cuenca, Azuay, Ecuador.

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta ed.). (G. T. Mendoza, Ed., & I. G. Hernández, Trad.) Mexico: Pearson educación.

ANEXOS

Anexo 1

Captura de pantalla vista de variables del software IBM SPSS con la información de la encuesta realizada.

Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Pérdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1 Genero	Numérico	8	0	Indique su Genero:	{1, Femenin...	Ninguna	5	Derecha	Nominal	Entrada
2 Edad	Numérico	8	0	¿Cuál es su Edad?	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Escala	Entrada
3 usa_internet	Numérico	8	0	¿Utiliza internet?	{1, Si}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
4 proveedor	Numérico	8	0	¿Cuál es su proveedor de int...	{1, TV Cabl...	Ninguna	6	Derecha	Ordinal	Entrada
5 uti_Reddes...	Numérico	8	0	Redes Sociales	{1, Si}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
6 Uti_VideoC...	Numérico	8	0	Video Conferencia	{1, Si}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
7 Uti_Juegos...	Numérico	8	0	Juegos Online	{1, Si}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
8 Uti_Pelicula...	Numérico	8	0	Peliculas Online	{1, Si}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
9 Formacion...	Numérico	8	0	Formacion Academica	{1, Si}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
10 Noticias	Numérico	8	0	Noticias	{1, Si}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
11 conforme_pr...	Numérico	8	0	¿Está conforme con su prov...	{1, Totalme...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
12 medio_enlace	Numérico	8	0	¿Qué medio de enlace utiliz...	{1, Cobre}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
13 Leintitud	Numérico	8	0	¿Tiene problemas de lentitud?	{1, Si}...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
14 Cortes_frec...	Numérico	8	0	¿Tiene cortes frecuentes?	{1, Si}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
15 soporte_de...	Numérico	8	0	¿Soporte Técnico fuera de ti...	{1, Si}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
16 problema_a...	Numérico	8	0	¿Ancho de Banda Limitado?	{1, Si}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
17 Danio_Equi...	Numérico	8	0	¿Se danian los equipos de U...	{1, Si}...	Ninguna	8	Derecha	Desconocido	Entrada
18 Ninguno	Numérico	8	0	Ningun Problema	{1, Si}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
19 ancho_banda	Numérico	8	0	¿Que ancho de Banda Tiene...	{1, Menos d...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
20 conoce_Net...	Numérico	8	0	¿Conoce Netflix?	{1, Si}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
21 contrataria	Numérico	8	0	¿Le gustaria adquirir servicio...	{1, Si}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
22 Ingresos_fa...	Numérico	8	0	Los ingresos Promedios de ...	{1, Menor a ...	Ninguna	13	Derecha	Ordinal	Entrada
23										
24										
nc										

Anexo 2:

Vista de datos de IBM SPSS de la encuesta realizada

Visble: 22 de 22 variables

Genero	Edad	usa	inter	proveedor	uti_	RedesSo	uti_	VideoCon	uti_	JuegosO	uti_	Peliculas	Online	Formacion_A	Noticias	conforme	pro	medio	entia_	Leintitud	Cortes	frecu	soporte	dem	problema	an	Danio	Equipo	s	Ninguno	anch						
1	Feme...	30	Si	CNT EP	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Satisfecho	Cobre	Cobre	Cobre	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No				
2	Feme...	45	Si	TV Cable	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Totalmente...	Cobre	Cobre	Cobre	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	De 1			
3	Masc...	21	Si	CNT EP	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si	Satisfecho	Cobre	Cobre	Cobre	No	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 1		
4	Masc...	22	Si	CNT EP	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Parcialmen...	Cobre	Cobre	Cobre	Si	No	No	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 1		
5	Masc...	30	Si	TV Cable	Si	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Insatisfecho	Cobre	Cobre	Cobre	Si	Si	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 2 a		
6	Masc...	26	Si	CNT EP	Si	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Satisfecho	Cobre	Cobre	Cobre	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Men		
7	Masc...	24	Si	CNT EP	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si	Satisfecho	Cobre	Cobre	Cobre	No	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 1		
8	Masc...	22	Si	Com&Net	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Satisfecho	Radio	Enlace	Enlace	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 2 a		
9	Masc...	32	Si	Claro	No	No	No	No	No	Si	No	No	No	No	No	Totalmente...	Cobre	Cobre	Cobre	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 2 a	
10	Masc...	27	Si	CNT EP	Si	Si	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si	Satisfecho	Cobre	Cobre	Cobre	No	No	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 1	
11	Masc...	23	Si	CNT EP	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Satisfecho	Cobre	Cobre	Cobre	No	No	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 1	
12	Masc...	21	Si	TV Cable	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si	Parcialmen...	Cobre	Cobre	Cobre	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 1	
13	Masc...	19	Si	CNT EP	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	Satisfecho	Cobre	Cobre	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Men	
14	Masc...	23	Si	Claro	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Satisfecho	Radio	Enlace	Enlace	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Men	
15	Masc...	19	Si	TV Cable	Si	Si	No	No	No	Si	No	No	No	Si	Si	No	Parcialmen...	Cobre	Cobre	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 1
16	Masc...	29	Si	CNT EP	Si	Si	No	No	No	Si	No	No	No	No	No	No	Parcialmen...	Cobre	Cobre	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 1
17	Masc...	20	Si	CNT EP	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si	No	Satisfecho	Cobre	Cobre	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 1	
18	Feme...	24	Si	Intermax	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Satisfecho	Radio	Enlace	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 1
19	Masc...	28	Si	Cesconet	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Satisfecho	Radio	Enlace	No	No	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 1
20	Masc...	19	Si	TelNet	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Satisfecho	Cobre	Cobre	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 1
21	Masc...	19	Si	CNT EP	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Satisfecho	Cobre	Cobre	No	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 1
22	Masc...	20	Si	CNT EP	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Satisfecho	Cobre	Cobre	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	De 1

Visble: 22 de 22 variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo

Visia de datos

Anexo 3

Encuesta aplicada a la población de estudio.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EMPRESARIAL DE GUAYAQUIL

ENCUESTA

Objetivo: Esta encuesta tiene por objetivo recolectar información sobre el uso, proveedores, medios de comunicación utilizados y situación económica promedio de la población estudiada. Los resultados serán utilizados únicamente con fines académicos en el desarrollo de una tesis de grado.

1.- Indique su Género: M__ F__

2.- ¿Cuál es su Edad? ____ Años

3.- ¿Utiliza internet?

Si

No (Termina la Encuesta)

4.- ¿Cuál es su proveedor de Internet?

TV Cable

CNT EP

Claro

Otro _____

5.- ¿Para qué actividades utiliza Internet?

Redes Sociales

Video Conferencia

Juegos Online

Películas Online

Otro _____

6.- ¿Está conforme con su proveedor actual?

Totalmente Satisfecho

Satisfecho

Parcialmente Insatisfecho

Insatisfecho



7.- ¿Qué medio de enlace utiliza su proveedor actual?

- Cobre
- Radio Enlace
- UTP

8.- ¿Qué problemas ha tenido con su proveedor actual?.

- Lentitud
- Cortes frecuentes
- Soporte técnico fuera de tiempo
- Ancho de Banda limitado
- Ninguno
- Otro _____

9.- ¿Que ancho de Banda Tiene con su proveedor actual?

- Menos de 1 Mbps
- De 1 a 2 Mbps
- De 2 a 5 Mbps

10.- ¿Conoce Netlife?

- Si
- No

11.- ¿Le gustaría adquirir servicio de internet por fibra óptica hasta su casa de Netlife?

- Si
- No, Porque _____

12.- Los ingresos promedios de su familia son:

- Menor a \$ 354.00
- Entre \$ 354.00 y \$ 500.00
- Mayor a \$ 500.00

Anexo 4:

Proforma de tendido de fibra 144 hilos y 2 hilos.



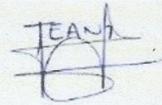
Presoros.S.A.
OBRAS CIVILES, INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE REDES ELECTRICAS, TELEFONICAS, FIBRA OPTICA Y TV POR SUSCRIPCION

PROFORMA No. 1301
RUC: 0702875618001
DIR: LA AURORA CALLE GUAYACANES 1708
 ENTRE 5TA Y 6TA ESTE
 Machala-Ecuador

FECHA: 01-sep-15

PROVEEDOR: Genaro Merchan Ruilova
RUC: 0704726322
DIRECCION: Eloy Alfaro / Nap. Mera y 7ma Este

CANTIDAD	DESCRIPCION	P. UNITARIO	IMPORTE
8667	Tendido de Fibra Optica Urbana-Aerea (144H)	0,35 \$	3.033,45 \$
7129	Tendido de Fibra Optica Urbana-Aerea (2H)	0,35 \$	2.495,15 \$
SUBTOTAL			5.528,60 \$
IVA 12%			663,43 \$
TOTAL			6.192,03 \$

<p>SOLICITUD:</p>  <p>Ing. Jean Pazmiño B.</p>	<p>APROBACION:</p>	<p>RECIBIDO Y ACEPTADO POR EL PROVEEDOR:</p>
--	---------------------------	---

TERMINOS Y CONDICIONES DE LA OFERTA:
 Validez: 15 días
 Forma de Pago: 50% anticipo y 50% contra entrega.
 Tiempo de entrega: 1 semana, despues de recibida la orden de compra.

Agradecemos su amable solicitud y quedamos a la espera de sus órdenes
 Atentamente,
 Jean Pazmiño B.
 Gerente General
 PRESORO S.A.

Anexo 5:

Lista de precios de Equipos.



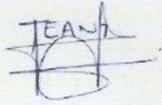
Presoros S.A.
OBRAS CIVILES, INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE REDES ELECTRICAS, TELEFONICAS, FIBRA OPTICA Y TV POR SUSCRIPCION

LISTA DE PRECIOS
RUC: 0702875618001
DIR: LA AURORA CALLE GUAYACANES 1708
ENTRE 5TA Y 6TA ESTE
Machala-Ecuador

FECHA: 01-sep-15

PROVEEDOR: Genaro Merchan Ruilova
RUC: 0704726322
DIRECCION: Eloy Alfaro / Nap. Mera y 7ma Este

DESCRIPCION	P. UNITARIO	MEDIDA
OLT Capacidad 1000 Cliente	5.927,00 \$	Unidad
ONT	65,00 \$	Unidad
Splitters 1/16	45,00 \$	Unidad
Splitters 1/4	34,49 \$	Unidad
Fusionadora Sumitomo Q101-CA	7.569,14 \$	Unidad
Cortadora Sumitomo FC-7R-F	1.350,00 \$	Unidad
OTDR Exfo MAX-710	3.300,00 \$	Unidad
UPS APC Online de 1.5 Kva	624,00 \$	Unidad
Baterías 12V everexceed	233,00 \$	Unidad
Banco para Baterías	80,00 \$	Unidad
Multitoma Rackeable	29,73 \$	Unidad
ATS	67,00 \$	Unidad

<p>SOLICITUD:</p>  <p>Ing. Jean Pazmiño B.</p>	<p>APROBACION:</p>	<p>RECIBIDO Y ACEPTADO POR EL PROVEEDOR:</p>
--	---------------------------	---

TERMINOS Y CONDICIONES DE LA OFERTA:
 Validez: 15 días
 Forma de Pago: 50% anticipo y 50% contra entrega.
 Tiempo de entrega: 1 semana, despues de recibida la orden de compra.

Agradecemos su amable solicitud y quedamos a la espera de sus órdenes
 Atentamente,
 Jean Pazmiño B.
 Gerente General
 PRESORO S.A.

Anexo 6:

Lista de precios de Materiales:



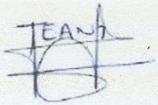
Presoros.A.
OBRAS CIVILES, INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE REDES ELECTRICAS, TELEFONICAS, FIBRA OPTICA Y TV POR SUSCRIPCION

LISTA DE PRECIOS
RUC: 0702875618001
DIR: LA AURORA CALLE GUAYACANES 1708
ENTRE 5TA Y 6TA ESTE
Machala-Ecuador

FECHA: 01-sep-15

PROVEEDOR: Genaro Merchan Rulova
RUC: 0704726322
DIRECCION: Eloy Alfaro / Nap. Mera y 7ma Este

DESCRIPCION	P. UNITARIO	MEDIDA
Fibra Optica SM 144 Hilos	3,06 \$	metro
Fibra Optica SM 2 Hilos	0,35 \$	metro
Caja FTTH	141,71 \$	Unidad
Cassette 24 Hilos	13,00 \$	Unidad
Manga 3M 144 Hilos	258,03 \$	Unidad
ODF 144 Hilos	100,00 \$	Unidad
Tubillos 3M	2,50 \$	Caja 25 U
Modulos Dobles	0,56 \$	Unidad
Patch de Fibra SC-SC 2m	3,37 \$	Dos hilos
Patch de Fibra SC-SC 3m	3,92 \$	Dos hilos
Rack de 7 Pies	121,94 \$	Unidad
Caja para Splitters	38,00 \$	Unidad
Patch LC-LC 3m	18,49 \$	Unidad
Organizador 80X80 Horizontal	20,00 \$	Unidad
Herraje A con abrazadera redonda	7,38 \$	Unidad
Grillete de 1/2 Pulgada	0,60 \$	Unidad

SOLICITUD:  Ing. Jean Pazmiño B.	APROBACION:	RECIBIDO Y ACEPTADO POR EL PROVEEDOR:
--	--------------------	--

TERMINOS Y CONDICIONES DE LA OFERTA:
 Validez: 15 días
 Forma de Pago: 50% anticipo y 50% contra entrega.
 Tiempo de entrega: 1 semana, despues de recibida la orden de compra.

Agradecemos su amable solicitud y quedamos a la espera de sus órdenes
 Atentamente,
 Jean Pazmiño B.
 Gerente General
 PRESORO S.A.

Anexo 7:

Proforma para red ADSL para 200 Usuarios.



Dirección: Calle Sucre y 24 de Mayo (junto al municipio)

RUC: 1105001000001

Teléfonos: 072517746 - 0967553165

e-mail: redplus.bls@gmail.com

PROFORMA CONSTRUCCIÓN RED ADSL - BALSAS
RED PARA 200 ABONADOS

NOMBRE	GENARO MERCHAN RUILOVA		
DIRECCIÓN	ELOY ALFARO 7MA ESTE Y NAPOLEON MERA		
RUC	0704726322	FECHA	jueves, 10 de septiembre de 2015
TELEFONO	984067997		

CANT.	DESCRIPCION	P. UNIT	V. TOTAL
1	Router Cisco 1811	186,76	\$ 186,76
1	Rack 7 pies	121,94	\$ 121,94
2	Organizador 80x80	20,00	\$ 40,00
1	ATS	67,00	\$ 67,00
3	Multitoma rackeable	29,73	\$ 89,19
4	Dslam VisionNet 48 puertos	2500,00	\$ 10.000,00
4	UPS APC 1.5KVA 1500VA 865W	240,00	\$ 960,00
4	Caja metalica	200,00	\$ 800,00
4	Bobina de cobre 30 pares (4000 m)	3,20	\$ 12.800,00
20	Cajas secundarias	35,00	\$ 700,00
1	Tendido de cobre (0.39 ctvs x metro x 4000 metros)		\$ 1.560,00
SUBTOTAL			\$ 26.820,00
12% IVA			\$ 3.218,40
TOTAL			\$ 30.038,40


REDPLUS
 Fecha: 10 SEP 2015
 JUAN CARLOS CAJAMARCA
 GERENTE