



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Recinto Universitario Simón Bolívar**  
**Facultad de electrotecnia y computación**

**Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero en  
Electrónica.**

**Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.**

**Autor:**

**Br. Erick Danilo Arróliga Grijalba.**

**Carnet: 2012-41204**

**Tutor:**

**TeknL. Norman Vargas Chevez.**

**Managua, Nicaragua**

**Julio de 2021**



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.



## DEDICATORIA

- Dedico este trabajo monográfico primeramente a **DIOS**, que es el dador de la vida y sabiduría que inspira nuestros sueños, ideas y metas, maestro y guía de nuestras vidas.
- A mi mamá quien ha sido un pilar indiscutible en mi formación como profesional, con mucha paciencia, sacrificios y lucha por salir adelante.
- A mi tutor, el ingeniero Norman Vargas que durante todo el tiempo que duramos laborando el presente trabajo me asesoro de manera asertiva brindándome mucha pauta a seguir y aconsejándome para no cometer errores en la producción.



## AGRADECIMIENTO

- Quiero agradecer de corazón a todas aquellas personas que de alguna forma me ayudaron que este proyecto lo haya podido finalizar.
- Al Ingeniero Norman Vargas, por aceptar ser mi tutor y ayudarme con el material y su seguimiento constante hacia el proyecto.
- A mi futura esposa, por haberme apoyado y ayudado día a día. Sé que ha sido difícil pero con tanto sacrificio hemos conseguido este gran éxito,
- Al personal administrativo de la Universidad Nacional de Ingeniería, que siempre están dispuestos a ayudarnos con todas las gestiones internas dentro de la institución.
- Gracias a todos por haber participado en esta parte de mi vida, muy importante. Todos han aportado un pequeño grano de arena. Estoy muy agradecido.



## Contenido

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
CAPITULO I. ....	1
1.1.    Introducción.....	2
1.2.    Planteamiento del problema. ....	5
1.3.    Antecedentes. ....	6
1.4.    Justificación.....	7
1.5.    Objetivos.....	8
1.5.1.    Objetivo General.....	8
1.5.2.    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
CAPITULO II. ....	9
2.1.    Enlace de microondas existente en el sector de la laguna. ....	10
2.2.    Equipos que componen la estructura actual del radio enlace.....	11
2.2.1.    Idu-Radwin 7301.....	12
2.2.2.    Imágenes Indoor Mombacho. ....	13
2.2.3.    Imágenes Indoor Apoyo Resort. ....	14
2.2.4.    Odu-Radwin 2000. ....	15
2.2.5.    Imágenes de Outdoor Mombacho. ....	16
2.2.6.    Imágenes Outdoor Apoyo Resort. ....	17
2.2.7.    Antena HG4958DP-34D.....	18
2.2.8.    Línea de transmisión (Cable STP con conector RJ45). ....	19
2.2.9.    Switch cisco 2960.....	20
2.3.    Limitaciones de radio enlace en el sector de la laguna. Uso de radio Mobile.....	22
CAPITULO III. ....	31
3.1.    Proceso de encuesta sobre el uso y calidad de internet en la zona de la laguna. ....	32
3.1.1.    Introducción y planteamiento del problema. ....	32
3.1.2.    Objetivos de la encuesta.....	32
3.1.3.    Organización de muestreo y análisis de resultados. ....	32
3.1.4.    Resultados de encuesta. ....	33
3.1.5.    topología de red del enlace de fibra óptica. ....	38



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

3.1.6. Cálculos de potencia de fibra óptica .....	40
3.2. Elementos presentes en una red FTTH.....	43
3.2.1. Empalmes.....	43
3.2.2. Conectores .....	44
3.2.3. Emisores de haz de luz.....	46
3.2.4. Mufa.....	47
3.2.5. Equipos de red.....	48
CAPITULO IV.....	55
4.1. Introducción a la topología de red FTTH .....	56
4.1.1. Funcionamiento General de la red FTTH.....	57
4.1.2. Capacidades técnicas en la transmisión de datos.....	57
4.1.3. Longitudes de ondas para la recepción y transmisión en los canales descendente y ascendente.....	58
4.1.3.1. Canal descendente.....	58
4.1.3.2. Canal Ascendente.....	58
4.1.3.3. Longitudes de onda para la recepción y transmisión.....	59
4.1.3.4. Definición de ancho de banda para velocidad de bajada y subida.....	60
4.2. Topología de red de anillo .....	61
.....	61
4.3. Desarrollo de actividades.....	62
4.3.1. Enrutamientos OLT.....	62
4.3.2. Asignaciones de IP de puertos de OLT U FIBER.....	64
4.3.3. Asignación de Ip a Ordenadores .....	67
4.3.4. Configuración Access Point en red FTTH.....	68
4.3.5. Demostración de conectividad de transmisión y recepciones de datos.....	70
4.4. Limitantes que se presentan en una red FTTH, mediante el estándar IEEE 802.3 .....	76
4.4.1. Atenuaciones en la red de Fibra Óptica.....	76
4.4.2. Causas de pérdida en transmisión de Fibra Óptica.....	76
4.5. Estándar IEEE 802.3.....	77
CAPITULO V.....	78
5. Estudio de costos.....	79
5.1. Costos de la inversión del capital.....	79
5.2. Costos de operaciones.....	82
5.3. Costos Fijos.....	83
5.4. Plan de gestión financiera.....	84



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

5.4.1. Proyección de ingresos de la red.....	84
5.4.2. Flujo de caja proyectada, Payback descontado, valor actual neto y tasa interna de retorno. ....	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIA BIBLIOGRAFIA .....	90
ANEXOS.....	95



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 2.1. Características Equipo Radwin 2000. [43] .....	11
Tabla No. 2.2 Características IDU - 7301.[30] .....	12
Tabla No. 2.3 Características Equipo ODU Radwin 2000.[31] .....	15
Tabla No. 2.4. Características ANTENA HG4958DP-34D [45] .....	18
Tabla No. 2.5. Características Equipo Switch Cisco 2960. ....	20
Tabla No. 2.6. Descripción Geográfica del Enlace Troncal. ....	21
Tabla No.2.7. Datos del enlace de Mombacho 1 hacia Apoyo Resort. ....	21
Tabla No. 3.1. Datos de enlace por ventana. ....	40
Tabla No. 3.2. Características OLT Proveedor.[28] .....	49
Tabla No. 3.3 Características Switch UFiber OLT 4 .....	50
Tabla 3.4. Características del SFP .....	52
Tabla 3.5. Características del media Converter.....	53
Tabla No. 3.6. Características del modem ONT.....	54
Tabla No. 4.1. Diferentes estándares de red de fibra óptica. ....	57
Tabla No. 4.2. Especificaciones técnicas más relevantes del Huawei MA5603T. ....	59
Tabla No.4.3. Direccionamiento de Router.....	62
Tabla No.4.4. Comandos de asignación de Ip y Gateway .....	64
Tabla No.4.5. Direccionamiento de IP de Router. ....	64
Tabla No.4.6. Comandos de asignación de Ip y Gateway .....	65
Tabla No.4.7. Direccionamiento de IP de Switch. ....	65
Tabla No.4.8.Asignación de Ip para enlace de Anillo en la red FTTH. ....	66
Tabla No.4.9. Ruta de comando Ping.....	70
Tabla No.4.10. Trafico de envío de datos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla No.4.11. Inicio y destino de envío de datos.....	74
Tabla No. 4.12. Versiones de estándares de la IEEE 802.3 .....	77
Tabla No. 5.1. Referencia de Precios. ....	80
Tabla No. 5.2. Análisis de CAPEX .....	81
Tabla No. 5.3. Análisis de costo del capital CAPEX. ....	81
Tabla No. 5.4. Costos Operativos. ....	82
Tabla No. 5.5. Costos Fijos. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla No. 5.6. Proyección de ingresos red FTTH. ....	84
Tabla No. 5.7. Análisis financiero del proyecto (VAN y TIR).....	86
Tabla No. 5.8. Calculo Van por año.....	86



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 2.1 Diagrama de infraestructura tecnológica con Radwin 2000. [28] .....	10
Figura No. 2.2. RADWIN Modelo 2000 [43] .....	11
Figura No. 2.3. IDU RADWIN Modelo 7301 [30].....	12
Figura No. 2.4. IMÁGENES DEL SITIO MOMBACHO INDOOR [28] .....	13
Figura No. 2.5. IMÁGENES DEL SITIO APOYO RESORT INDOOR [28] .....	14
Figura No. 2.6. ODU – Modelo Radwin 2000 [31] .....	15
Figura No. 2.7. IMÁGENES DEL SITIO MOMBACHO OUTDOOR [28].....	16
Figura No. 2.8. IMÁGENES DEL SITIO APOYO RESORT OUTDOOR [28] .....	17
Figura No. 2.9. ANTENA HG4958DP-34D [45] .....	18
Figura No. 2.10. CABLE STP [36] .....	19
Figura No. 2.11. Switch Cisco 2960. [32].....	20
Figura No. 2.12. Distancia Apoyo Resort – Mombacho. [28] .....	22
Figura No. 2.13 Datos de la Ganancia, Perdida y Potencia del enlace – Mombacho - Apoyo Resort. [28] .....	23
Figura No. 2.14. Línea de vista del enlace Apoyo Resort – Mombacho. [28] .....	24
Figura No.2.15. Línea de vista Frontal del Mombacho visto desde Apoyo Resort.[28].....	25
Figura No.2.16. Línea de vista Frontal del Apoyo Resort.....	25
Figura No.2.17. Línea de vista Aérea del Apoyo Resort.....	26
Figura No.2.18. Pérdida total del enlace Apoyo resort hacia el sector de la laguna. [28] .....	27
Figura No.2.19. Sin línea de vista frontal de Apoyo Resort hacia el sector de la laguna. [28].....	28
Figura No.2.20. Sin línea de vista invertida frontal del sector de la laguna de apoyo hacia Apoyo resort. [28] ...	29
Figura No.2.21. Obstrucción Montañosa, del enlace de Apoyo Resort (Tx) hacia el sector de la laguna de apoyo o valle de la laguna (Rx). [28] .....	29
Figura 3.1. Promedio tipo de conexión [28].....	33
Figura 3.2. Promedio de nivel académico [28].....	34
Figura 3.3. Promedio de frecuencia del uso de internet [28] .....	34
Figura 3.4. Promedio de conformidad de servicio de internet [28] .....	35
Figura 3.5. Promedio de problemas de cambio de proveedor [28] .....	35
Figura 3.6. Promedio de visitantes por semana [28].....	36
Figura 3.7. Promedio de uso de internet por visitantes [28] .....	36
Figura 3.8. Promedio de conformidad de servicio de internet. [28] .....	37
Figura 3.9. Promedio que impide cambiar de proveedor. [28] .....	37
Figura 3.10. Topología de red de anillo de fibra óptica para el sector de la laguna. [28].....	39
Figura No.3.11. Conector ST (Punta Recta). [15].....	44
Figura No.3.12. Conector SC (Conector Suscriptor). [15] .....	45



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

Figura No.3.13 Conector LC (Conector Pequeño). [15] .....	45
Figura No.3.14. Conector Fc (Conector Férula) [15] .....	46
Figura No.3.15 Mufa. [16] .....	47
Figura.No.3.16. Estructura de Red de Aprovisionamiento de servicios.[28] .....	48
Figura. No.3.17. OLT Proveedor [28] .....	49
Figura. No.3.18. Switch UFiber OLT 4 Terminal) [37] .....	50
Figura 3.19. Splitters [38] .....	51
Figura 3.20. Topología de red de fibra óptica con la distribución de splitters. [38] .....	51
Figura 3.21. SFP Dúplex (Transceptores Ópticos) [39] .....	52
Figura 3.22. Media Converter 10/100M [40] .....	53
Figura 3.23. Modem ONT [41] .....	54
Figura No. 4.1. Huawei MA5603T .....	59
Figura 4.2. Diseño de topología de red FTTH .....	61
Figura 4.4. Diseño de topología de UFIBER 4 .....	63
Figura 4.3. Diseño de topología de red FTTH de proveedor .....	63
Figura 4.5. Enlace OLT Proveedor – OLT FTTH .....	63
Figura 4.6. Cable serial DTE .....	63
Figura 4.7. Cable Copper Straight-Through .....	65
Figura 4.8. Visualización de red con Ip asignadas en la topología Anillo. ....	66
Figura No. 4.9. Ordenadores conectados a un nodo de la red .....	67
Figura No.4.10. Asignación de Ip a ordenadores .....	67
Figura No.4.11. Conexión WLAN del nodo 1. ....	68
Figura No.4.12. Configuración de red Wifi en equipos Access Point .....	68
Figura No.4.13. Montaje de adaptador en el ordenador .....	69
Figura No.4.14. Introduciendo clave Wifi al ordenador .....	69
Figura No.4.15. Acceso a modo consola. ....	70
Figura No.4.16. Resultados del comando Ping .....	70
Figura No.4.17. Asignación para envío de mensaje .....	71
Figura No.4.18. Asignación de mensaje a ordenador .....	71
Figura No.4.19. Ordenador receptor del mensaje .....	72
Figura No.4.20. Visualización de mensaje enviado con éxito. ....	72
Figura No.4.21. Modo simulación .....	73
Figura No.4.22. Panel de simulación .....	73
Figura No.4.23. Ejecución de mensaje en espera .....	74
Figura No.4.24. Trayectorias de transmisión de datos. ....	75
Figura No.4.25. Diferentes trayectorias de tráfico del envío de datos. ....	75
Figura No.4.26. Mensaje recibido con éxito .....	75
Figura Anexo No.1. Referencia de precio del OLT FTTH. ....	96
Figura Anexo No.2. Referencia de precio del ODF. ....	96
Figura Anexo No.3. Referencia de precio del Splitters. ....	97
Figura Anexo No.4. Referencia de precio de caja terminal .....	97
Figura Anexo No.5. Referencia de precio de caja de empalme. ....	98
Figura Anexo No.6. Referencia de precio de Cable de Fibra Óptica. ....	98
Figura Anexo No.6. Referencia de precio de conector Sc .....	99



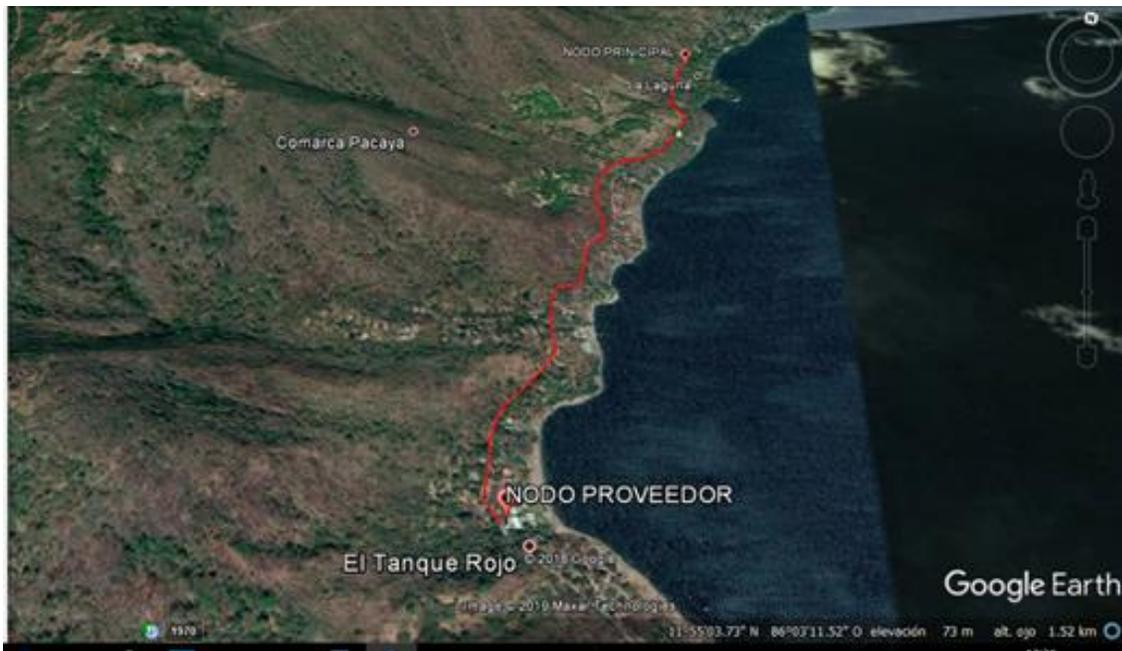
# CAPITULO I.

En este capítulo abordaremos la parte inicial de nuestro trabajo monográfico mostrando la introducción, planteamiento del problema, nuestros objetivos justificación, antecedentes.



### 1.1. Introducción.

El proyecto de red de FTTH tendrá su ubicación en el sector conocido como “ZONA DE LA LAGUNA” entre las fronteras de los departamentos de Masaya y Granada, con una densidad poblacional de 300 personas. Limita al Norte con Comarca Pacaya, al Sur con Diriomo, al Este con la Laguna de Apoyo, al Oeste con Catarina municipio del departamento de Masaya. Este constara del nodo del proveedor (Longitud: 11°54'46.70"N, 86° 3'28.51"O) y atreves del medio de transmisión (fibra óptica) [17], hacia el Nodo Principal (Latitud: 11°55'53.82"N, Longitud: 86° 3'19.01"O), en este tramo la distancia que existe es de 2.26 kilómetros.



*Figura No.1.1 Tramo Nodo proveedor hacia el nodo principal de distribución.[28]*

La extensión territorial del sector “ZONA DE LA LAGUNA” no tendrá muchos inconvenientes para establecer el proyecto FTTH, ya que su relieve es estable donde no presenta suelos montañosos, la condición climática varía entre los 24<sup>0</sup> a 27<sup>0</sup> centígrados, contiene suelos bien servidos por carreteras y caminos.



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

En el sector de la Laguna de apoyo se realizó un estudio, donde aleatoriamente se le hizo una pequeña encuesta a 100 personas (Encuesta se puede encontrar en la sección de Anexos) y como resultado se identificó que el 85% de la población utiliza la herramienta de Internet, sin embargo, se encontró que los usuarios del servicio se quejan porque regularmente experimentan problemas de recepción y retardo en propagación de la señal. Debido a que el servicio de microondas existente en algunos locales y viviendas en el sector de la Laguna de apoyo no cumple con las necesidades de una mayor fluidez de tráfico de datos.

Esta localidad existe los servicios de: telefonía móvil, televisión lo ofrece la empresa claro por medio de DTH (Direct To Home), y el servicio de internet que solamente abastece a una pequeña zona del sector de la laguna y el medio que se utiliza es por radioenlace de microondas.

Este proyecto de finalización de curso tiene como propósito el diseño de una red con nueva tecnología. FTTH (Fiber To The Home), es una red que lleva fibra óptica hasta el hogar, se basa en utilizar diferentes componentes ópticos, como, por ejemplo: media converter, conectores SC (Conector Estándar), bandeja de fusión de fibra, acopladores, splitters, entre otros. Estos permiten que su enlace sea de calidad y tenga el mínimo de pérdidas por el medio que lo transporta (Fibra Óptica). Este tipo de tecnología en comparación a las redes de enlaces microondas, tiene una mayor ventaja en velocidad, mejora la recepción y transmisión de archivos (música, documentos, videos, fotos, etc.). [1]

Esta red de fibra óptica se diseñará a partir que recibamos el servicio de internet del proveedor en nuestro nodo principal para empezar la distribución, por medio de un SWITCH GPON. Por lo tanto, del equipo antes mencionado se realizarán las múltiples derivaciones en el sector de la Laguna a través de diversos splitters ópticos, donde este sería el primer enlace en el sector de la laguna con tecnología de fibra óptica.



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

Este enlace que hace entrega el proveedor, se trasladará el servicio a un nodo de distribución por medio de fibra óptica de 12 hilos y realizándolo por el diseño de anillo ya que al presentarse algún inconveniente en el medio físico, se levanta por medio de la redundancia, de esa manera se podría realizar el traslado de personal de campo para la reparación del daño, y así la red es capaz de tener la mayor disponibilidad para sus clientes.

[11] [13]

De esta manera se utilizarán equipos altamente calificados y certificados para cualquier tipo de clima ya sea en el nodo principal, en sus derivaciones y hasta en el equipo que se instala al cliente [14],



### 1.2. Planteamiento del problema.

En el sector de la Laguna de Apoyo, la tecnología existente es microondas, el medio que lo transmite es satelital, gracias a una encuesta realizada en esta comunidad se encontró los diversos problemas que afecta la conexión a internet de las personas que cuentan con este servicio. En esta encuesta resultó que la mayoría no están satisfechos, porque no cuentan con una tecnología de telecomunicaciones que sea capaz de ofrecer servicios como TV por cable, telefonía fija, Internet de banda ancha en un solo servicio integrado como Triple Play, mediante fibra óptica. En la actualidad los problemas que existen en la zona son: caídas del servicio y baja calidad de señal, entre otras. A raíz de estas quejas se propone el diseño de una red FTTH que sirva como una referencia académica.

Entre los mayores problemas que podemos encontrar con este sistema satelital en su diseño de red son:

- 1- Alto costo en su instalación y mantenimientos.
- 2- Retardo en su propagación hasta 0.5 segundos para carga o descarga de archivos, correos, video llamadas y juegos en línea.
- 3- Si el satélite principal cae, toda la red de microondas sufre la misma consecuencia.
- 4- Problemas de privacidad en satélite geoestacionario.
- 5- La línea de visión si esta se ve interceptada por algún objeto (árbol, edificio, etc.) pierde porcentaje de disponibilidad y también estaría sujeta a variaciones electromagnéticas.

La mayor queja entre los clientes que poseen Microondas fue la demora de señal (Retardo de 0.5 segundos), esto es un problema para el usuario, ya que se desea el mayor porcentaje posible de disponibilidad en la red [2], El diseño de red FTTH propone una mayor efectividad en servicio a la población en general y se verán beneficiadas por un sistema mucho más rápido.



### 1.3. Antecedentes.

Debido a la baja densidad poblacional existente en el sector de la Laguna de Apoyo, no resulta viable el enlace de microondas, por motivos técnicos, económicos y geográficos. Por tanto, se plantean soluciones basadas en redes de Fibra Óptica, para ofrecer una optimización en el servicio de datos, y evitar así que esta zona quede aislada de la herramienta del internet que es fundamental en estos tiempos, favoreciendo su desarrollo ya sea en lo educativo y negocio.

En algunos casos el desarrollo de estas soluciones viene apoyado por políticas dirigidas y ejecutadas por TELCOR. Cabe resaltar que se han realizados proyectos a nivel del país con esta tecnología, como por ejemplo en Managua, León, Chinandega, Rivas, entre otros. Estas ciudades se han beneficiado con este servicio, por lo tanto, el acceso a la herramienta de internet es muy rápida y accesible, gracias a este tipo de diseño que consiste en llevar fibra óptica hasta la comodidad del hogar, de esta manera el diseño se amplía a zonas rurales de cada ciudad para su distribución en nodos troncales como ampliación misma de la estructura de red, derivando de la fibra óptica de la compañía Claro.

Este trabajo monográfico no posee antecedentes de enlaces de fibra óptica en la universidad nacional de ingeniería (UNI), sin embargo, existen otros textos relacionados al tema. [11][12]



### 1.4. Justificación.

La propuesta del proyecto tiene como objetivo el diseño de una red FTTH bajo el estándar IEEE 802.3, partiendo de las necesidades y problemas encontrados en la encuesta, se plantea un diseño como solución la mejora de la comunicación en este lugar, con la incrementación de banda ancha. Cabe recordar que el internet es una herramienta para la educación, erradicando el analfabetismo y la pobreza, así mismo para estudiantes universitarios activos donde realizan trabajos virtuales. [2]

Hay interés de parte de un operador de internet de implementar la red FTTH para el sector de la Laguna de Apoyo y la propuesta de diseño de red que se propone en este trabajo de monografía servirá como una referencia a considerar para la implementación de la misma que vendría a beneficiar a las personas que tienen negocios, donde estos podrían contratar el servicio adquiriendo muchas facilidades, como, por ejemplo: Publicidad en la web y en redes sociales que dan a conocer sus negocios.

Debido a todos estos aspectos la tecnología de fibra óptica tiene muchas más ventajas que el enlace microondas y además de tener mayor potencial en transmisión de datos a gran velocidad, cabe mencionar que no se amerita de un gran diseño para su distribución, ya que posee elementos básicos en diferentes equipos. [2].

Realizar el diseño de fibra óptica en un sitio determinado es para dar a conocer las nuevas tecnologías que actualmente se están innovando en nuestra vida cotidiana.

Es muy importante ser el primer trabajo monográfico que se diseñe a base de fibra óptica para que los jóvenes se sometan a una gran presión a través de este y se esfuercen, para mejorar sus perspectivas en el tema de telecomunicaciones y estos lo apliquen a sus monografías.



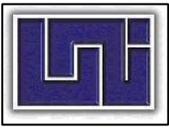
### 1.5. Objetivos

#### 1.5.1. Objetivo General.

Diseñar una red FTTH en la zona de La Laguna de apoyo para la optimización del servicio de internet.

#### 1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un levantamiento físico de la infraestructura tecnológica de comunicación existente en el sector de la laguna de apoyo para el diseño de la red FTTH.
- Determinar los requerimientos básicos relacionados al diseño del proyecto y los aspectos técnicos, partiendo que dicho proyecto no posee un alto costo.
- Diseñar la topología de red considerando los principales requerimientos en función de la transmisión de internet, del nodo central hacia la Última Milla.
- Proponer los equipos a instalar y su configuración de red de fibra óptica
- Realizar simulaciones de enlaces para evaluar la mejor ubicación de los sitios y obtener el desempeño más óptimo de la red
- Determinar las principales limitantes concernientes al diseño de red de FTTH, mediante el estándar IEEE 802.3, que permita el acceso a Internet al sector De La Laguna de Apoyo.
- Realizar un estudio de costo para la red FTTH en la zona de la laguna de apoyo.



# CAPITULO II.

Infraestructura tecnológica de comunicación existente en el sector de la laguna de apoyo para el diseño de la red FTTH.



### 2.1. Enlace de microondas existente en el sector de la laguna.

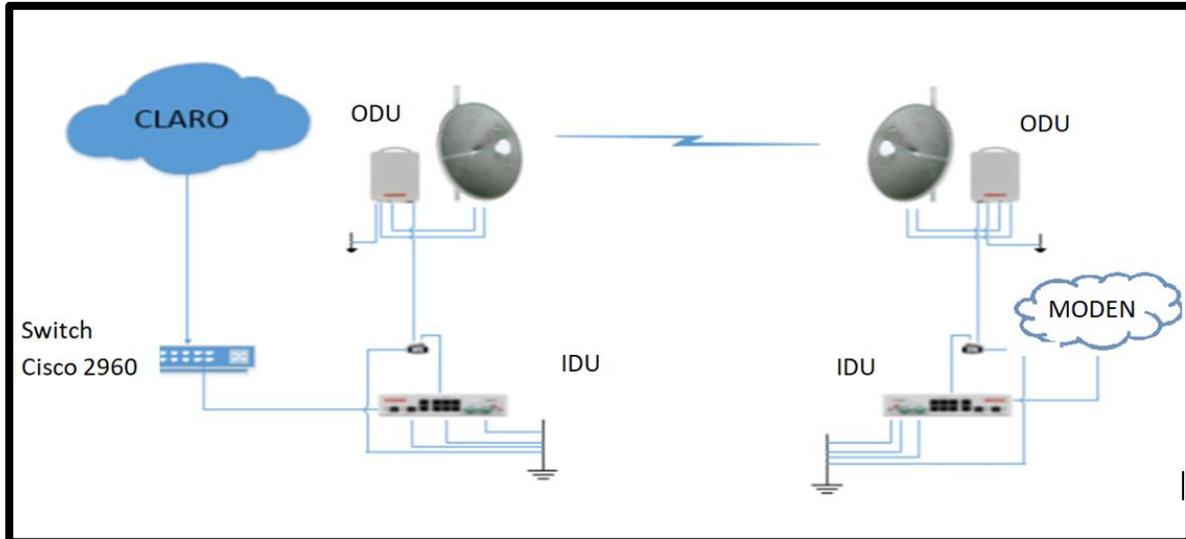


Figura No. 2.1 Diagrama de infraestructura tecnológica con Radwin 2000. [28]

El radioenlace es un sistema bidireccional, en cada extremo del mismo los equipos transmiten y reciben, la In-door-Unit (IDU) generalmente integra los servicios y los transfiere a la Out-door-unit (ODU) a través de la línea la alimentación en conjunto con el tráfico., la ODU modula la señal en banda base para que pueda ser transportada sobre el medio, en este caso el aire, cuando sale de la antena.

El ancho de banda disponible en el radio enlace tiene 250 megas en dependencia de cuantos clientes pueda soportar o cuantos clientes soliciten el mayor ancho de banda solicitado. La distancia es variante ya que es un enlace punto a multipunto y la ubicación de los clientes varía según la localidad por lo tanto no existe en la zona algún repetidor que ejecute la ampliación del servicio. [28].



## 2.2. Equipos que componen la estructura actual del radio enlace.

Los equipos en la zona Radwin 2000 debido que es un enlace de punto a multipunto.

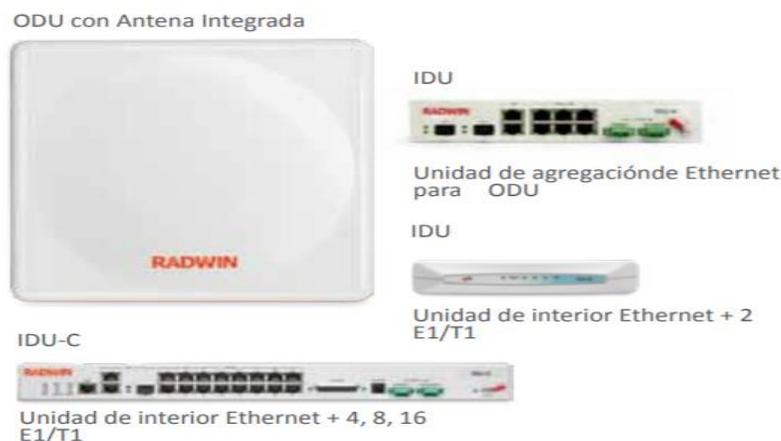


Figura No. 2.2. RADWIN Modelo 2000 [43]

En la siguiente tabla No. 2.1. Muestra las características de equipo Radwin 2000, donde mostramos la capacidad del equipo, cobertura, banda de frecuencia entre y la administración para ingresar al equipo [44]

Tabla No. 2.1. Características Equipo Radwin 2000. [43]

CARACTERISTICAS EQUIPOS RADWIN MODELO 2000	
Capacidad de Radwin 2000	750 Mbps.
Arquitectura	ODU E IDU
Interface Idu Odu	Cable de uso externo CAT-5e, CAT 6
Banda de frecuencias	Hasta 6 GHz.
Asignación de ancho de banda	Simétrica o asimétrica
Conector	RJ45
Administración con Interfaz Web	Acceso web mediante explorador



### 2.2.1. Idu-Radwin 7301

Este elemento es el que se encarga de procesar toda la información contenida en la configuración del equipo, además contiene el módulo de servicios (TDM, IP), la función principal de la TDM es ocupar un canal determinado para aprovechar mejor el medio de transmisión, y la IP es nombrar al equipo para establecer la ruta de transmisión o recepción de datos. En algunos equipos la IDU solo contiene los puertos de servicio y provee alimentación a la ODU.



Figura No. 2.3. IDU RADWIN Modelo 7301 [30]

En la tabla No.2.2. Muestra la siguientes características del equipo IDU, QoS es la calidad del servicio donde el equipo prioriza el tráfico de datos excesivo y garantiza una gran conexión en los diferentes usuarios que al mismo tiempo estén navegando. La Vlan es la encargada de realizar las subredes lógicas independientes en la misma red física. Los E1 Y T1 son puertos de alta capacidad para datos de hasta 2,048 de bits por segundo. Los campos Nlos/NLOS son puertos del diseño del equipo Radwin para maximizar la capacidad de red. [30]

Tabla No. 2.2 Características IDU - 7301.[30]

CARACTERISTICA IDU - 7301	
Interfaces	16 Interfaces E1 / T1
Compatibilidad	Puertos Ethernet
Cantidad de puertos	6 puertos Eléctricos y 2 puertos Ópticos
Capacidades	QoS y Vlan
Funcionamiento	Comprobado en los campos Nlos/NLOS



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 2.2.2. Imágenes Indoor Mombacho.



FIGURA 2.4. IMÁGENES DEL SITIO MOMBACHO INDOOR [28]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 2.2.3. Imágenes Indoor Apoyo Resort.



FIGURA 2.5. IMÁGENES DEL SITIO APOYO RESORT INDOOR [28]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 2.2.4. Odu-Radwin 2000.

Este es el radio transceptor del sistema, en este van integrados los módulos de TX y RX y todo el procesamiento de la señal hacia el medio, este elemento es el que conecta a la antena. Los conectores para conectar a la línea pueden ser tipo N o RJ45.



Figura No. 2.6. ODU – Modelo Radwin 2000 [31]

En la tabla No.2.3. Podemos apreciar ciertas características del equipo entre ellas tenemos la distancia es el rango máximo de cobertura. Donde la latencia es el tiempo que tarda en transmitirse paquetes de datos. Las tecnologías MIMO (Multi-Input and MultiOutput – OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), el mismo que es utilizado por las tecnologías de transmisión inalámbrica de banda ancha. Y que cuenta con IP-66 (calificación internacional de IP), que establecen normas principalmente para la protección contra la entrada de cuerpos extraños sólidos y líquidos al equipo. [31]

Tabla No. 2.3 Características Equipo ODU Radwin 2000.[31]

CARACTERISTICAS EQUIPO ODU RADWIN 2000	
Distancia	Hasta 120 km
Latencia	Corta y constante
Tecnologías	MIMO, OFDM y diversidad
Clasificación	IP-66 rating



2.2.5. Imágenes de Outdoor Mombacho.

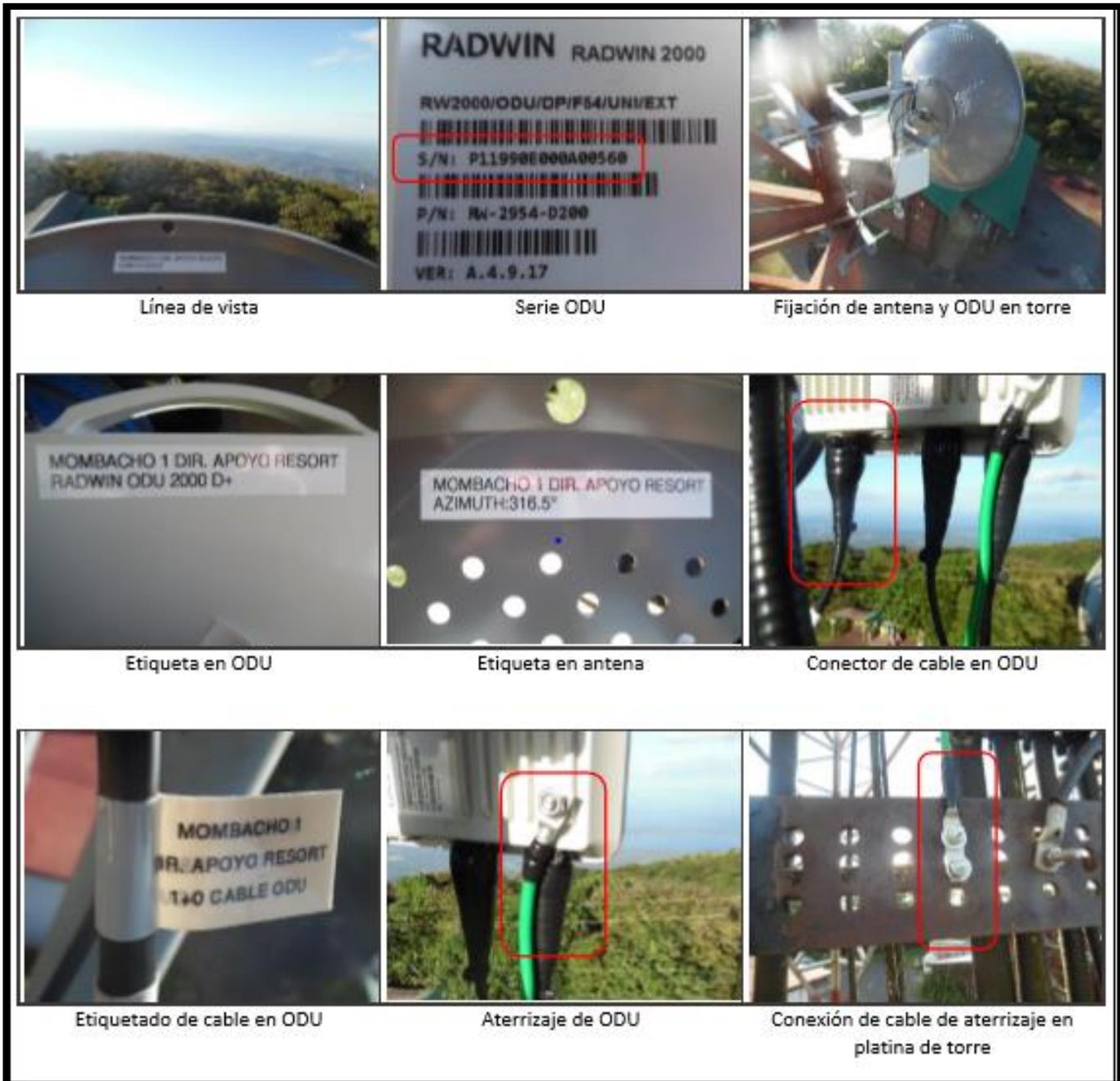


FIGURA 2.7. IMÁGENES DEL SITIO MOMBACHO OUTDOOR [28]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 2.2.6. Imágenes Outdoor Apoyo Resort.

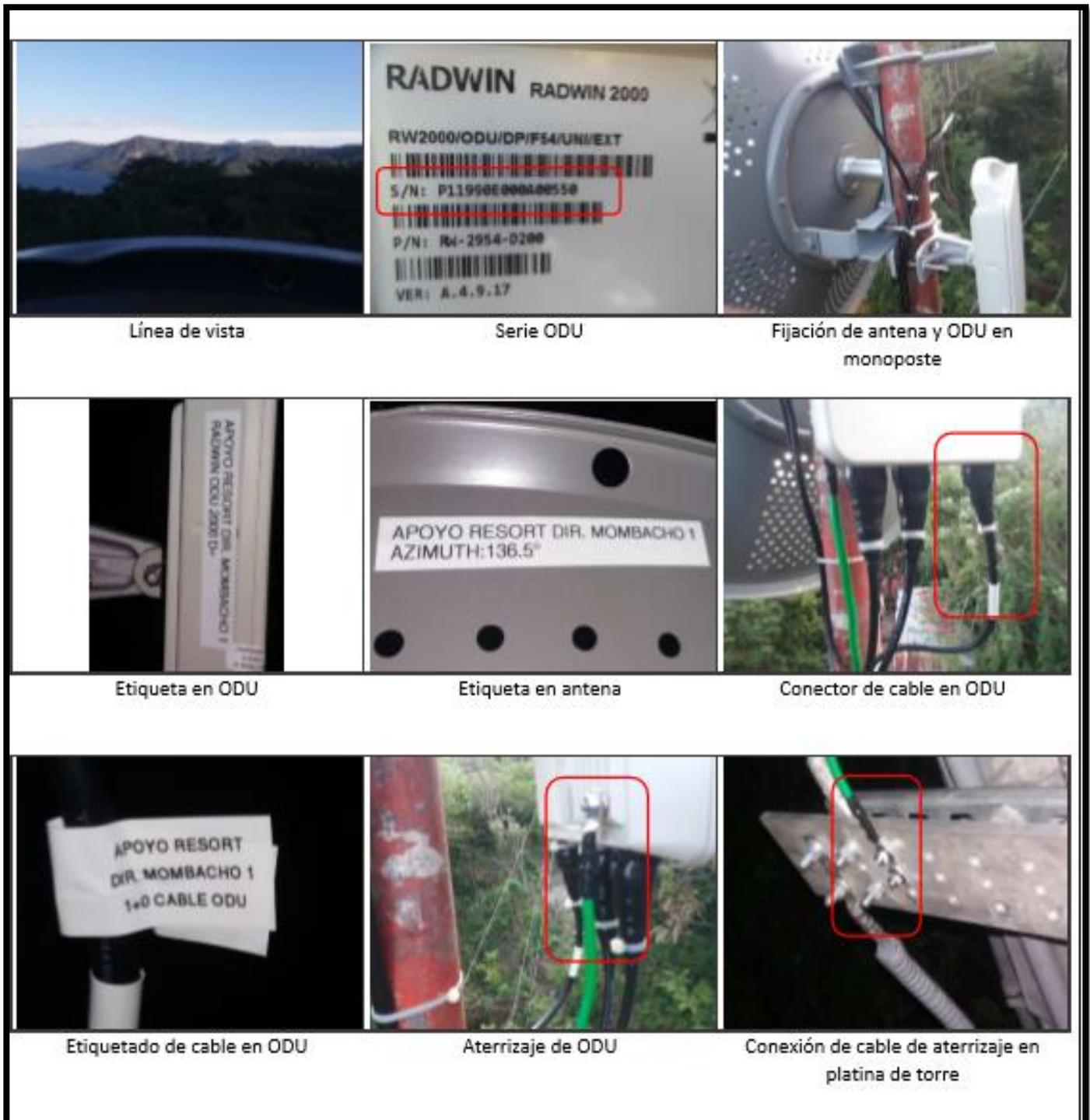


FIGURA 2.8. IMÁGENES DEL SITIO APOYO RESORT OUTDOOR [28]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 2.2.7. Antena HG4958DP-34D

La antena Hyperlink MIMO hg4958dp-34d es una antena de doble polaridad de alto rendimiento para banda ancha. Esta antena de plato solido de doble polaridad está diseñado para operar desde 4.9 a 5.8 GHz. Esta obtiene antena dispone de 34 dBi de ganancia con un ancho de onda 3.3° Horizontal y 3.3° vertical. [45]



Figura No. 2.9. ANTENA HG4958DP-34D [45]

Tabla No. 2.4. Características ANTENA HG4958DP-34D [45]

CARACTERISTICAS ANTENA HG4958DP-34D	
Frecuencia	4750-5850 MHz
Ganancia	34 dBi
Ancho de Onda Horizontal	3.3 grados
Ancho de Onda Vertical	3.5 grados
Front to Back Ratio	≥ 40 dB
Temperatura de operación	-40° C a 85° C
Impedancia	50 Ohm
Max. ingreso de energia	100 Watts
Peso	9.6 Kg
Diámetro	90 cm



### 2.2.8. Línea de transmisión (Cable STP con conector RJ45).

El par trenzado blindado o par trenzado apantallado (en inglés: Shielded Twisted Pair o STP) es un cable de par trenzado similar al Unshielded Twisted Pair (UTP) con la diferencia de que cada par tiene una pantalla protectora, además de tener una lámina externa de aluminio o de cobre trenzado alrededor del conjunto de pares, diseñada para reducir la absorción del ruido eléctrico.



*Figura No. 2.10. CABLE STP [36]*



### 2.2.9. Switch cisco 2960.

El Switch 2960, posee 24 puertos donde tiene una velocidad de envío de 8.8 Gbps. El 2960-48TT y 2960-48TC tienen una velocidad de envío de 17.6 Gbps y el 2960G-24TC tiene velocidad de 32 Gbps.



Figura No. 2.11. Switch Cisco 2960. [32]

Tabla No. 2.5. Características Equipo Switch Cisco 2960.

<b>Características Equipo Switch Cisco 2960</b>	
Tecnología de cableado Ethernet de cobre.	100BASE-T, 10BASE-T
Cantidad de puertos Fast Ethernet (cobre).	24
Cantidad de puerto SFP.	2
Puertos tipo básico de conmutación RJ-45 Ethernet.	Fast Ethernet (10/100)
Cantidad de puertos básicos de conmutación RJ-45 Ethernet.	24



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

Para comprender la necesidad de llevar otro tipo de tecnología para el servicio de internet se hace la simulación de enlace desde un punto real seleccionado en la zona del valle de la laguna de apoyo con los siguientes datos:

*Tabla No. 2.6. Descripción Geográfica del Enlace Troncal.*

Site Name	Azimuth	Latitud	Longitud	Altura sobre el nivel del mar
Mombacho	316	11.834194	-86.060528	1116 Metros
Apoyo Resort	136	11.916972	-85.980139	175 Metros

*Tabla No.2.7. Datos del enlace de Mombacho 1 hacia Apoyo Resort.*

Propiedades	Mombacho 1	Apoyo Resort
Nombre de Unidad	ODU	ODU
Altura de la Antena	15 Metros	15 Metros
Frecuencia	5.4 Ghz	5.4 Ghz
Velocidad	650 Mbps	650 Mbps
Potencia de transmision	20 dBm	20 dBm
EIRP	54 dBm	54 dBm
RSSI	-50.8	-50.8
Margen de desvanecimiento	10.2 dBm	10.2 dBm
HSS	INU	INU
Azimuth	316	136
Elevacion	-4.4	-4.4



### 2.3. Limitaciones de radio enlace en el sector de la laguna. Uso de radio Mobile.

La antena más utilizada es la parabólica, algunos equipos de gama baja tienen la antena integrada al ODU, las antenas externas en algunos escenarios, se necesitan de grandes diámetros para aumentar la ganancia del sistema. Pero en este caso se utiliza la ODU en el sector.

Las siguientes imágenes fueron simuladas en el programa de desarrollo de telecomunicaciones siendo capaz de simular un enlace de radio y fijar sus coordenadas, distancia y capacidades que genera el enlace, entre otras cosas mostradas a continuación.

En la figura No.2.12. Es la captura de la simulación entre la distancia (12.67Km) del transmisor Mombacho hacia el nodo de distribución de la laguna Apoyo Resort.

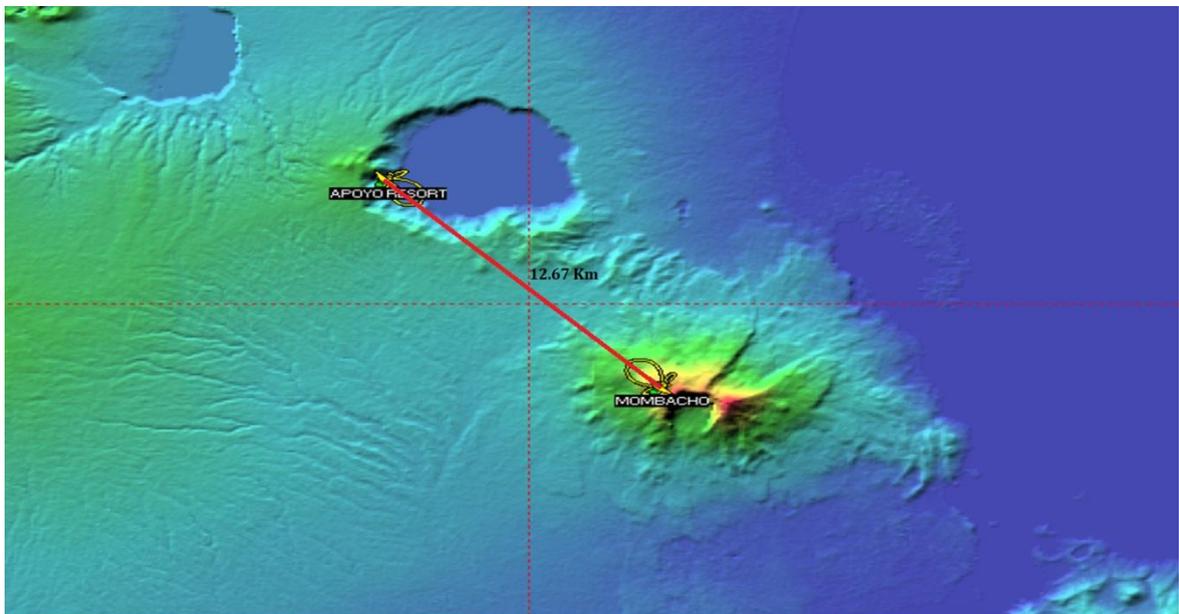


Figura No. 2.12. Distancia Apoyo Resort – Mombacho. [28]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

En la figura No. 2.13 se observa la pérdida, ganancia y potencia alcanzada del Mombacho hacia el Apoyo resort lo cual este enlace es troncal y su servicio es inestable por la distancia que existe entre los mismos, y su recepción es baja con respecto a los niveles de la señal, se visualiza a través de la herramienta Radio Mobile.

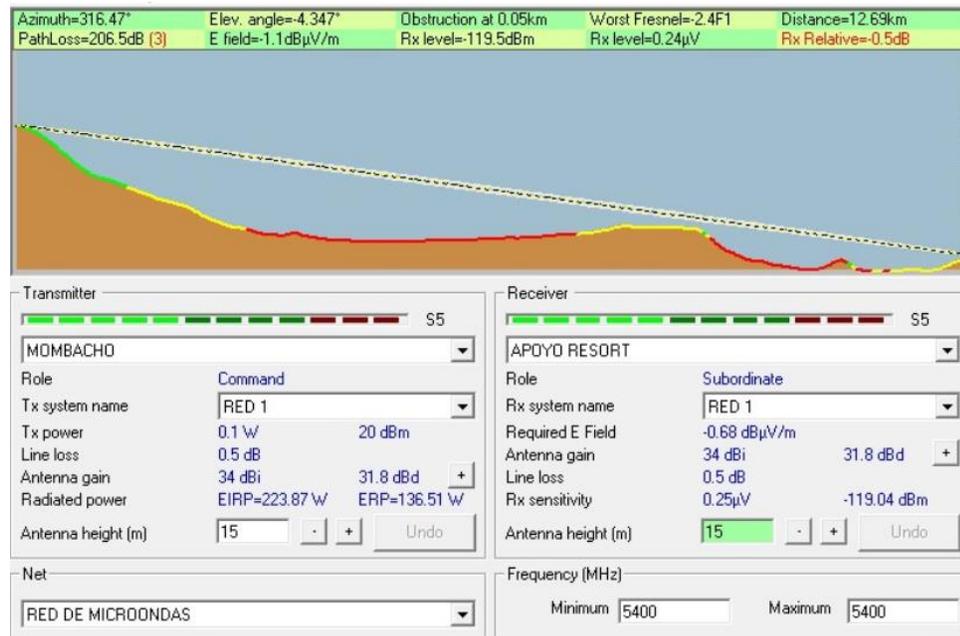


Figura No. 2.13 Datos de la Ganancia, Pérdida y Potencia del enlace Mombacho - Apoyo Resort. [28]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

En la figura No.2.14 Se aprecia la línea de vista invertida del enlace de radio, desde Mombacho (Tx) hacia Apoyo Resort (Rx), con sus respectivos cálculos de azimut, ángulo de elevación, lo cual esto también nos muestra mediante el programa la baja densidad con respecto a los niveles de la señal, tanto como transmisor y receptor.

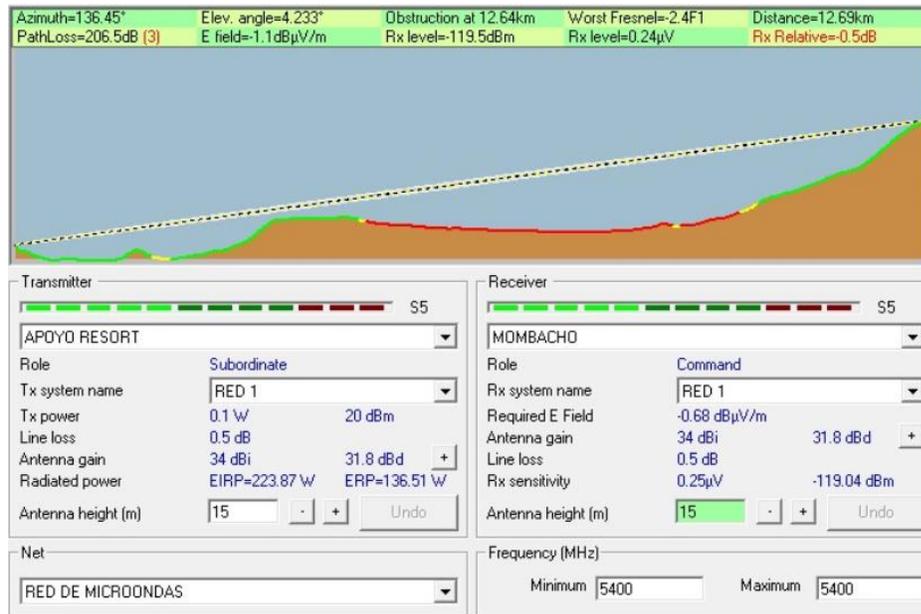
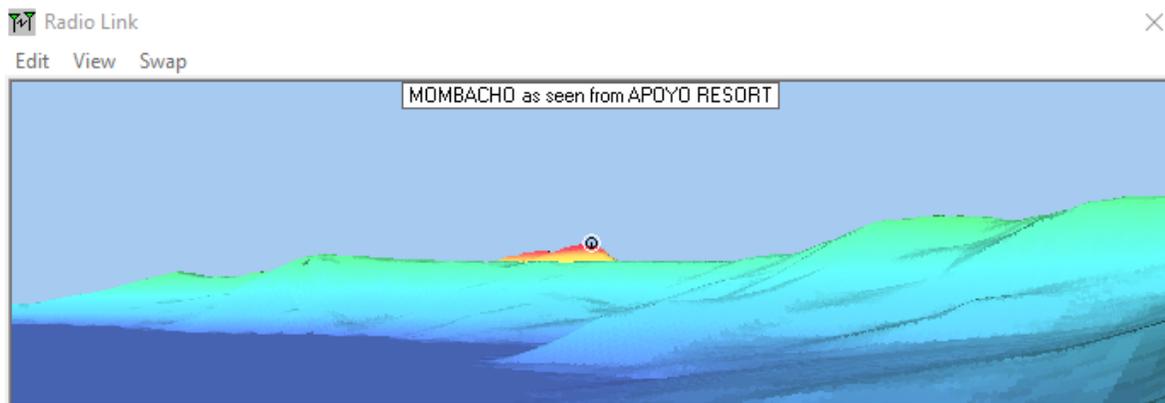


Figura No. 2.14. Línea de vista del enlace Apoyo Resort – Mombacho. [28]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

En las figuras No. 2.15. y 2.16. Observamos la línea de vista Frontal del enlace desde los puntos de coordenadas de Tx y Rx. Donde podemos observar que no hay ninguna intervención en el enlace pero por la distancia esta es baja la potencia al momento que se transmite o recepciona de un punto a otro.



*Figura No.2.15. Línea de vista Frontal del Mombacho visto desde Apoyo Resort.[28]*



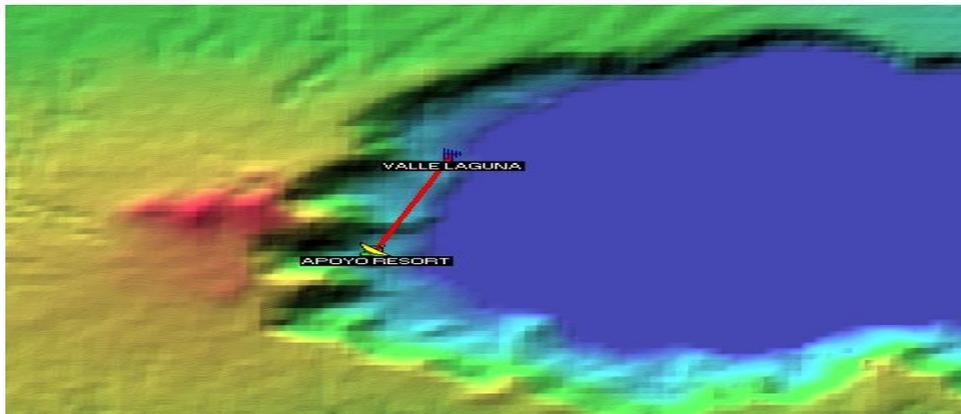
*Figura No.2.16. Línea de vista Frontal del Apoyo Resort*



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

A continuación, en las siguientes Figuras explicamos el siguiente enlace que una vez alimentado por el Mombacho presentamos el inconveniente para abastecer internet del sector de la laguna de apoyo hacia el valle de la laguna.

En la figura 2.17 observamos línea de vista área del enlace de Apoyo Resort hacia el sector del valle de la laguna o sector de la laguna de apoyo, donde nos muestra la simulación una pérdida total del enlace para transmitir el servicio de internet.



*Figura No.2.17. Línea de vista Aérea del Apoyo Resort*



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

En las siguientes Figura 2.18 se observa la pérdida de línea del enlace y la ganancia de antena, al igual que la potencia radiada. Demostrando las pérdidas que genera el enlace debido a la obstrucción del relieve donde la zona es montañosa en este lugar que impide que sus niveles de radiación sean totalmente nulos.

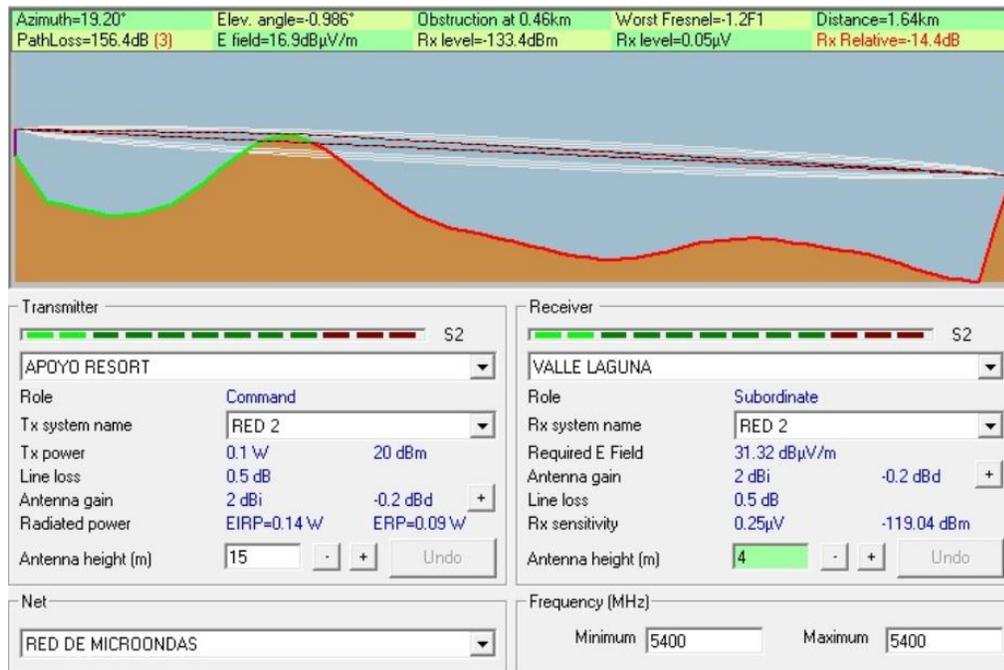


Figura No.2.18. Pérdida total del enlace Apoyo resort hacia el sector de la laguna. [28]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

En las siguientes figuras 2.19, 2.20 y 2.21 observamos que no es factible el radio enlace del sector de la laguna debido a que la simulación nos muestra una gran desventaja en obtener este tipo de tecnología en la zona, y esto nos causa una pérdida total de potencia de transmisión y recepción. Por lo tanto, es la importancia de llevar una nueva tecnología para la optimización del servicio de internet. Para observar más detalladamente observaremos las figuras donde nos muestra lo antes mencionado.

En las siguientes figuras No. 2.19 y 2.20 nos muestra la siguiente Vista frontal de ambos sitios apoyo resort y valle laguna, a continuación podemos observar la línea de vista es completamente nula desde la perspectiva de apoyo resort.

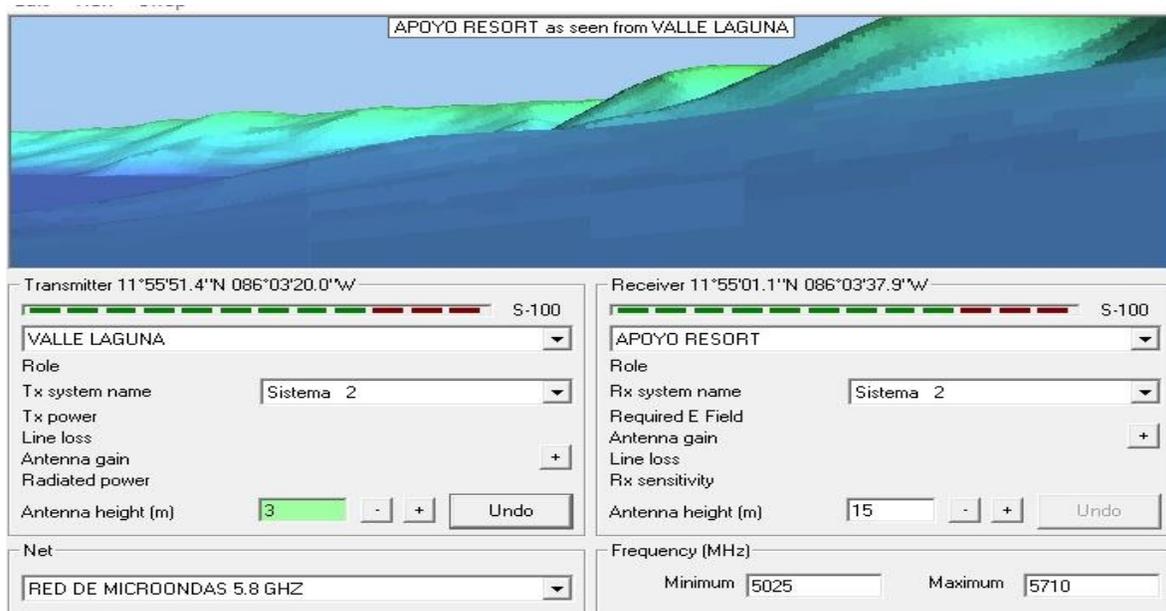


Figura No.2.19. Sin línea de vista frontal de Apoyo Resort hacia el sector de la laguna. [28]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

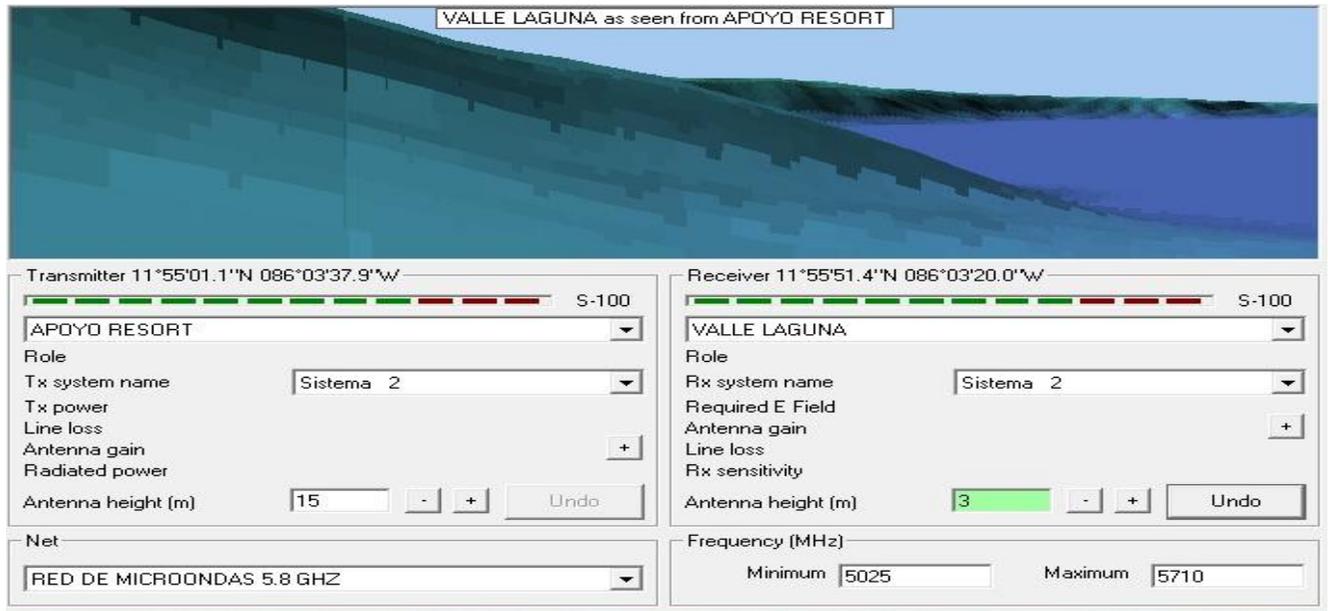


Figura No.2.20. Sin línea de vista invertida frontal del sector de la laguna de apoyo hacia Apoyo resort. [28]

En la siguiente Figura No. 2.21. Por medio de la herramienta Google Earth nos muestra el panorama donde podemos apreciar la interrupción en la línea de vista en la zona por medio de una montaña. Donde logramos observar que el relieve dificulta el acceso a internet por este medio de enlace de microondas.

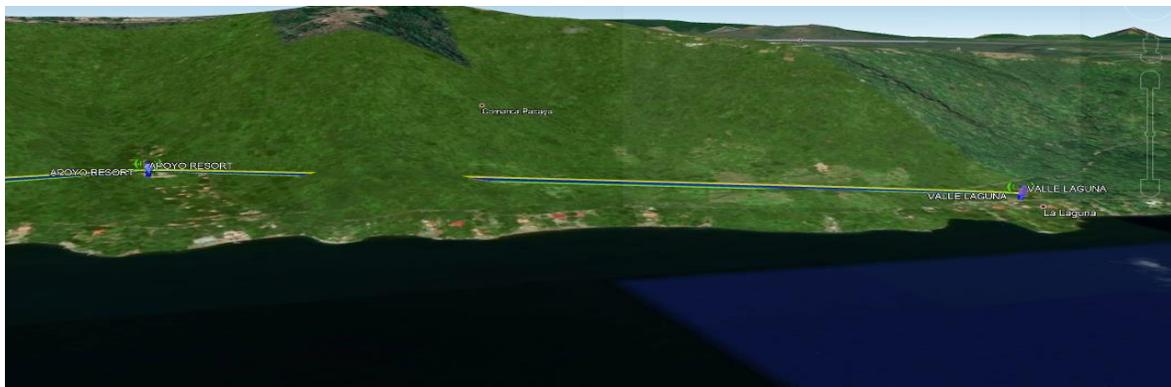


Figura No.2.21. Obstrucción Montañosa, del enlace de Apoyo Resort (Tx) hacia el sector de la laguna de apoyo o valle de la laguna (Rx). [28]



## **Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.**

Cabe destacar que en la zona de la laguna de apoyo, existe la telefonía pero esta por el tipo de relieve que existe no puede abarcar a su totalidad la zona, quedando exhausto a lugares con altitud y que la densidad de la señal es baja. También mencionar que el servicio de radio enlace o microondas que se muestra en las figuras estos en ciertos momentos del día llega el internet a los hogares de manera reducida a pesar de no existir línea de vista sin embargo la señal reflejada hace posible el servicio de Internet.



# CAPITULO III.

Demostración de análisis, procedimiento y resultados de encuestas, realizar el diseño de la topología de red considerando el requerimiento en función de la transmisión de internet, del nodo central hacia la última milla y proponer los equipos a instalar.



### 3.1. Proceso de encuesta sobre el uso y calidad de internet en la zona de la laguna.

#### 3.1.1. Introducción y planteamiento del problema.

Esta encuesta tiene como propósito demostrar las dificultades del servicio de internet existente en el sector de la laguna de apoyo. Ya que esta tecnología (Microondas) no cubre con las necesidades de los habitantes por el alto costo y la baja calidad en el servicio.

#### 3.1.2. Objetivos de la encuesta.

La recopilación de datos es muy importante para la optimización del servicio del internet en la zona porque podemos encontrar debilidades del servicio actual y de esta manera podremos abastecer a su conformidad y brindar un servicio mejor y poder tomar ventaja hacia otras tecnologías en sector que requieran esta herramienta de internet tanto como para los habitantes y el sector empresarial.

#### 3.1.3. Organización de muestreo y análisis de resultados.

**Recopilación de datos:** Esta encuesta se aplicó a 100 usuarios en la zona estudiada del sector de la laguna de apoyo para diseño de red FTTH, en donde se movilizaron 3 personas capacitadas del tema, esto para la recopilación de datos a los encuestados fue una muestra de 33.33% de la población donde tiene un universo de 300 habitantes (Existen unas 100 familias viviendo dentro de la reserva, sin embargo, en sus alrededores se estiman hasta 100,000 habitantes) [47]. Esta cantidad es un buen índice que obtenemos por el interés en una nueva herramienta tecnológica en el sector. Visitando el sitio la encuesta se realizó de casa en casa, de negocio en negocio, el día sábado 11 de abril de 2020 a las 13:00 horas, de una duración promedio de 5 horas, obteniendo resultado a los 3 días, dicha información se mostrará en sección “RESULTADOS DE ENCUESTA”.



### 3.1.3.1 proceso de análisis de datos.

El método que se utilizó para obtener y analizar los resultados de las encuestas (100 insumos) es realizando un promedio a los datos recopilados y este se utilizó a través de la herramienta Excel.

### 3.1.4. Resultados de encuesta.

#### Datos del hogar

¿Cuántas personas viven en el hogar?

Promedio de 6.38 personas por hogar

¿Cuántos ordenadores hay?

Promedio de 0.78 de ordenadores en cada hogar

¿Cuántas de ellos son portátiles?

Promedio de 0.56 son portátiles.

¿Tienen acceso a internet?

Promedio de 0.68 tienen acceso a internet.

¿Cuál es el tipo de conexión?

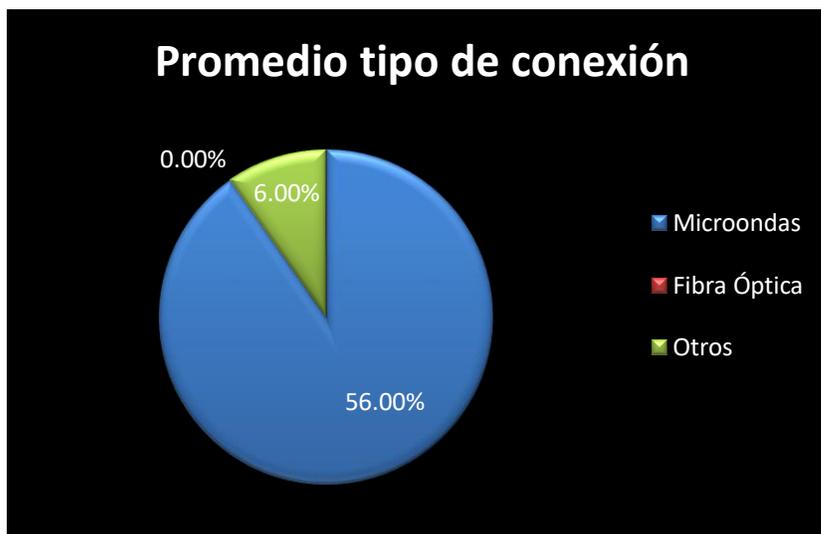


Figura 3.1. Promedio tipo de conexión [28]



## Estudiantes

¿Cuántos?

Promedio de 4.2 estudiantes por hogar.

Nivel académico

De los 92 estudiantes los resultados fueron:

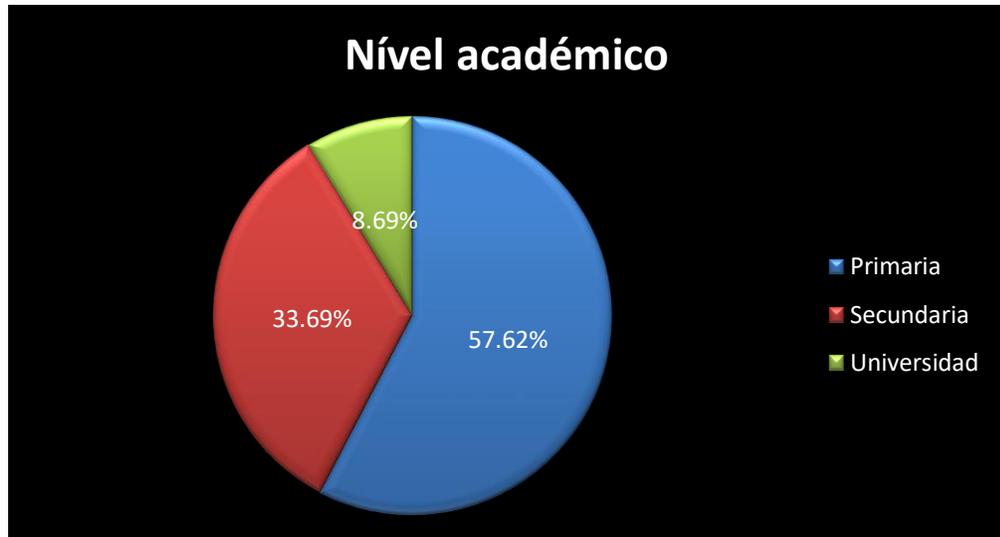


Figura 3.2. Promedio de nivel académico [28]

¿Con que frecuencia lo utilizan

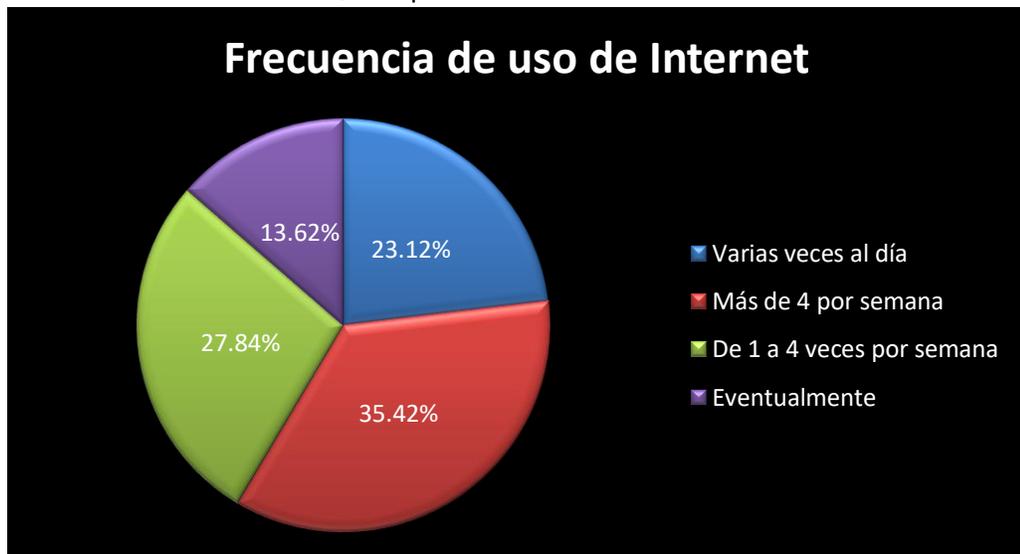


Figura 3.3. Promedio de frecuencia del uso de internet [28]



### Barreras

A como podemos ver en la figura No.3.4. No hay conformidad Existe inconformidad de los clientes por el alto índice de inestabilidad en el servicio de internet y una conexión muy lento. Los habitantes que desean tener una mejor conexión de internet porque es una herramienta útil para la economía, salud y educación

¿Está conforme con el servicio?

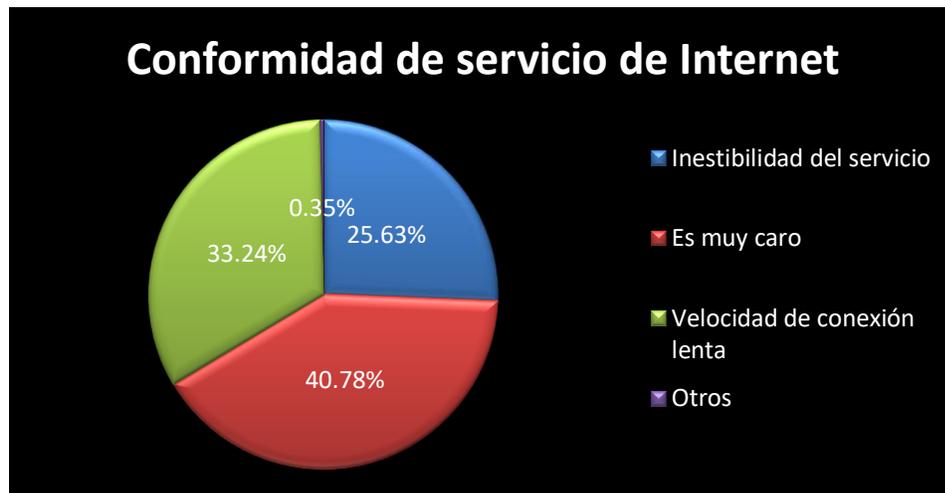


Figura 3.4. Promedio de conformidad de servicio de internet [28]

En la figura No.3.5. Nos muestra los impedimentos para la contratación del servicio con otro proveedor por que no existen muchos proveedores en la zona y esto es una desventaja para el usuario final por que tiene que pagar un precio alto y de no muy buena calidad por un servicio de internet

De no estar conforme con el servicio de internet actual, ¿qué le impide cambiar de proveedor?

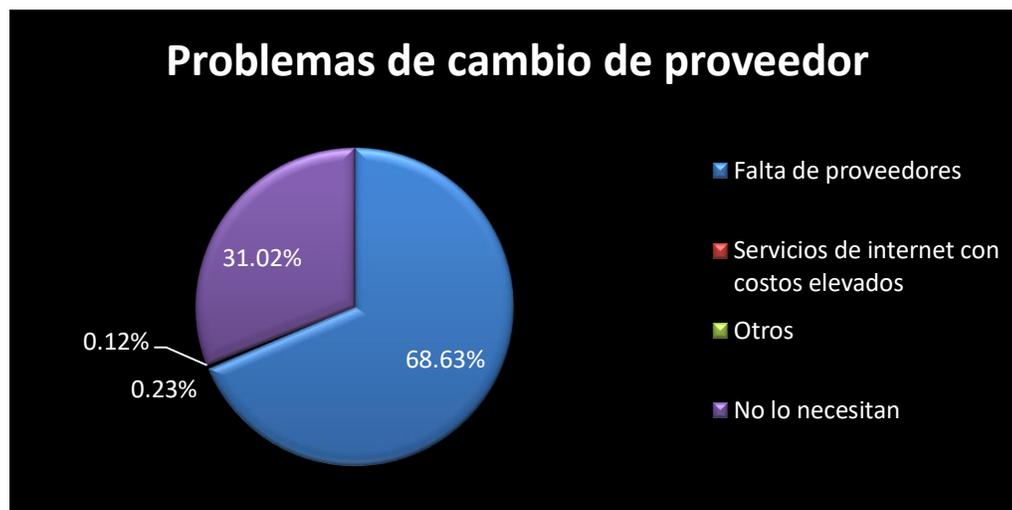


Figura 3.5. Promedio de problemas de cambio de proveedor [28]



## TURISMO

De los 14 negocios encuestados arrojaron los siguientes resultados:

En la figura 3.6. Nos muestra la cantidad de visitantes que acuden a los negocios en el sector, esto nos muestra el alto índice de visitantes semanales y que deben de brindar todo el confort a sus clientes.

**¿Cuántas personas visitan su negocio semanalmente?**



Figura 3.6. Promedio de visitantes por semana [28]

En la figura 3.7. Podemos observar un promedio de las personas que visitan los negocios y que solicitan el uso del internet.

**¿Cuántas personas hacen uso de internet en su local?**

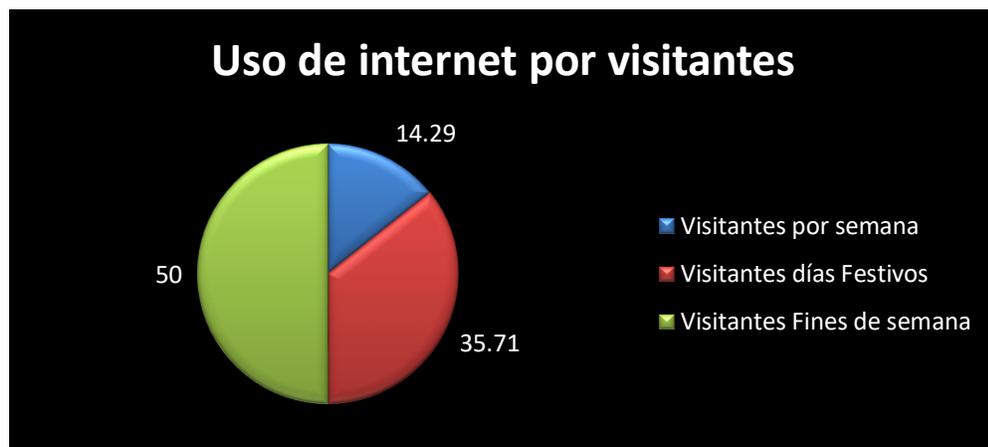


Figura 3.7. Promedio de uso de internet por visitantes [28]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

En la figura 3.8. Podemos observar que no están conforme eso era de esperarse debido a que el radio enlace que vimos en el capítulo anterior no es funcional. Esto es algo muy importante cabe mencionar ya que hay un gran déficit en cuanto a la disponibilidad del servicio.

**¿Su local está conforme con su servicio de internet? Si no es así, cual es la razón:**

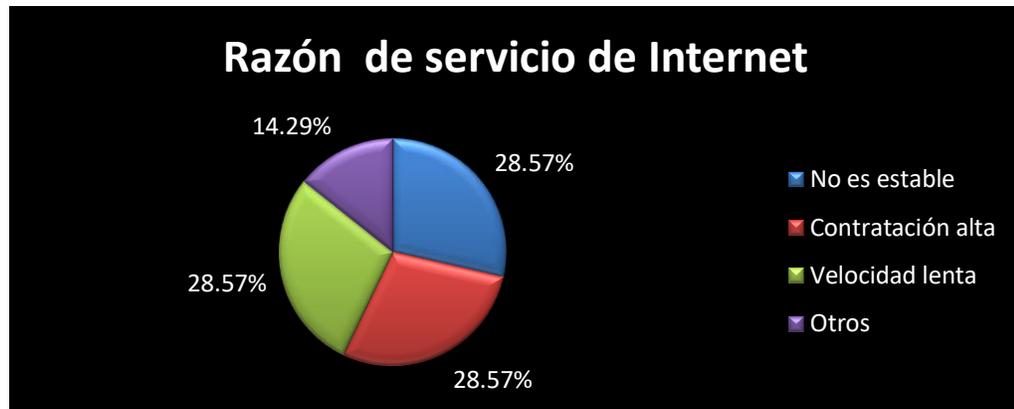


Figura 3.8. Promedio de conformidad de servicio de internet. [28]

En la figura 3.9. Se logra apreciar en los resultados de la encuesta que es de carácter urgente un proveedor que satisfaga las necesidades educativas, turísticas y de desarrollo en el sector de la laguna ya que actualmente no se brinda un servicio de calidad por el único proveedor que existe. Y un 21.43% (otros) de locales indicaron que no podían brindar esta información ya que no eran los titulares del negocio.

**De no estar conforme con el servicio de internet actual, ¿qué le impide cambiar de proveedor?**



Figura 3.9. Promedio que impide cambiar de proveedor. [28]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 3.1.5 topología de red del enlace de fibra óptica.

#### 3.1.5.1. Topología lógica de red.

La topología lógica de comunicación propuesta para el diseño de una red de abastecimiento de datos, la cual consiste en un equipo administrable, ubicado en el nodo principal para la distribución del servicio. Los protocolos de enlace de capa de datos definen la ruta que va a tomar cada tráfico ya que relativamente es de punto a punto donde se utiliza el protocolo **MAC** (control de acceso al medio), es el conjunto de mecanismos y protocolos de comunicaciones a través de los cuales varios dispositivos en una red, como computadoras, teléfonos móviles, etcétera se ponen de acuerdo para compartir un medio de transmisión común (fibra óptica).

El diseño de red es una interconexión de equipos instalado en el sitio. Donde el primer abastecimiento lo otorga el proveedor cuando nos entrega el ancho de banda y empieza la distribución del servicio hacia los diferentes clientes que lo requieran. Por medio de este diseño de red es muy eficaz ya que a medida que se incremente la demanda se puede expandir la red sin ningún problema y abastecer al sector en su máxima capacidad.[48]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

Esta red de anillo es más factible, al momento de cortes parciales o totales del cable de fibra óptica, ya que podemos conmutar el enlace rápidamente, de esta manera se evita que los clientes queden sin servicio. Este tipo de diseño es el ideal para la ampliación de la red hacia nuevos horizontes ya que por cualquiera de sus nodos podemos expandirla por la alta capacidad de puertos (128 puertos cada nodo) y de esta manera ampliar la transmisión de estos servicios.

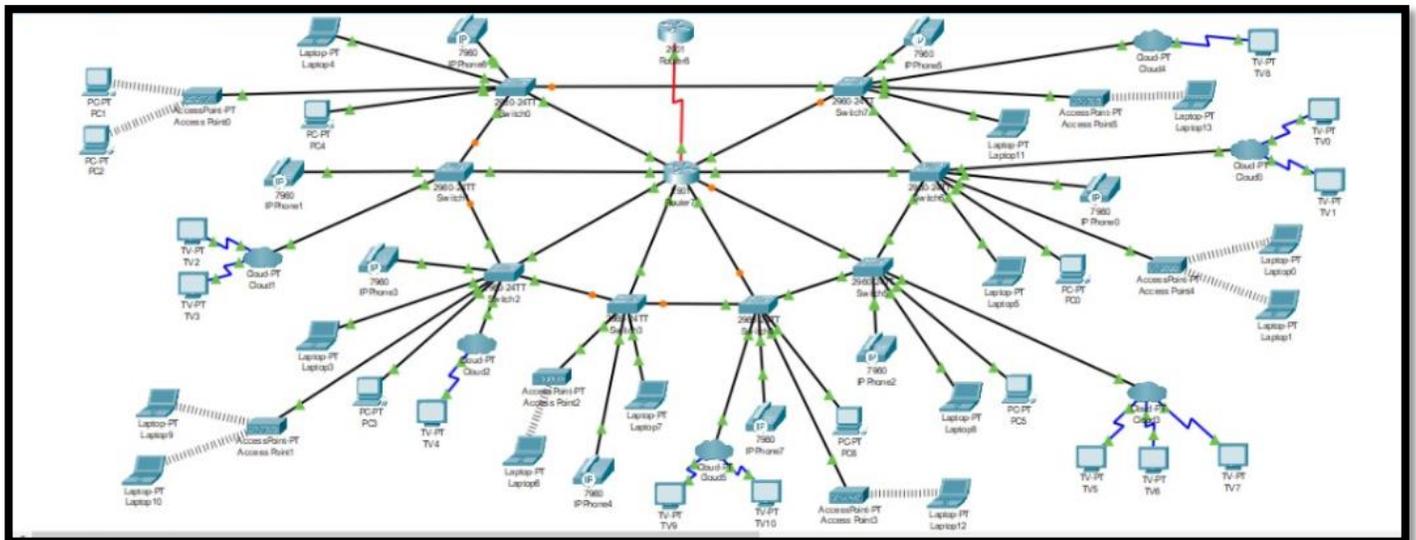


Figura 3.10. Topología de red de anillo de fibra óptica para el sector de la laguna. [28]



### 3.1.6. Cálculos de potencia de fibra óptica

#### 3.1.6.1. Características de transmisión

Para una correcta planificación de las instalaciones de cables con fibras ópticas es necesario considerar la atenuación total del enlace.

#### 3.1.6.2. Cálculos del enlace.

$$A_t = (N_c * A_{tc}) + (N_e * A_{te}) + (L_c * A_{tl}) + (L_c * 0.01) \quad (1)$$

- **N<sub>c</sub>**: Números de conectores
- **N<sub>e</sub>**: Números de empalmes
- **L<sub>c</sub>**: Longitud de cable
- **A<sub>tc</sub>**: Atenuación por conector (dB)
- **A<sub>te</sub>**: Atenuación por empalme (dB)
- **A<sub>tl</sub>**: atenuación por longitud (km)
- **0.01** es un aproximado de curvatura del cable.

#### DATOS DEL ENLACE

Tabla No. 3.1. Datos de enlace por ventana.

ATENUACIÓN POR:	VENTANA 1550 nm	VENTANA 1310 nm
EMPALME	0.10dB	0.25dB
CONECTOR	0.50dB	0.75dB
CABLE x Km	0.25dB	0.50dB



3.1.6.2.1. Calculo de enlace en la ventana de 1550 nm.

Fórmula para calcular el valor total de la atenuación en la ventana 1550 nm, en esta ventana se ocupa para enlaces cortos.

**Datos del enlace en ventana de 1550 nm**

- Distancia: 1.2 Km
- Empalmes: 4 Unidades
- Conectores: 2 Unidades

$$At = (Nc * A_{tc}) + (Ne * A_{te}) + (Lc * A_{tl}) + (Lc * 0.01)$$

$$At = (2 * 0.50\text{dB}) + (4 * 0.10\text{dB}) + (1.2 * 0.25\text{dB}) + (1.2 * 0.01)$$

$$At = (1 \text{ dB}) + (0.4\text{dB}) + (0.3\text{dB}) + (0.012\text{dB})$$

$$\underline{At = 1.72\text{dB}}$$

Se logra obtener la atenuación total para un enlace de 1.2 kilómetros para la ventana de 1550 nm es igual a 1.72 dB.



### 3.1.6.2.2. Calculo de enlace en la ventana DE 1310 nm.

Fórmula para calcular el valor total de la atenuación en la ventana 1310 nm, en esta ventana se ocupa para enlaces a larga distancia.

### Datos del enlace en ventana de 1310 nm

- Distancia: 1.2 Km
- Empalmes: 4 Unidades
- Conectores: 2 Unidades

$$At = (Nc * A_{tc}) + (Ne * A_{te}) + (Lc * A_{tl}) + (Lc * 0.01)$$

$$At = (2 * 0.75\text{dB}) + (4 * 0.25\text{dB}) + (1.2 * 0.50\text{dB}) + (1.2 * 0.01)$$

$$At = (1.5\text{dB}) + (1\text{dB}) + (0.6\text{dB}) + (0.012\text{dB})$$

$$At = 3.11\text{dB}$$

Se logra obtener la atenuación total para un enlace de 1.2 kilómetros para la ventana de 1310 nm es igual a 3.11dB.



### 3.2. Elementos presentes en una red FTTH.

#### 3.2.1. Empalmes

Para FTTH es necesario tener en cuenta la práctica de divisiones o segregaciones en los cables de fibra o la rectificación de alguna rama para la realización de un diseño completo de la red.

Donde los empalmes y conectores son los que dan solución a estos problemas ya que son los elementos que dan dinamismo y flexibilidad de diseño de red.

Un empalme óptico es el resultado de la fusión permanente de dos fibras ópticas, para que la contribución en pérdidas al enlace sea mínima, la geometría de la unión de los dos extremos debe ser lo más precisa posible, por lo que conlleva ciertas complicaciones técnicas:

- Los núcleos de las fibras pueden adquirir irregularidades durante el proceso de corte, extracción o fabricación.
- Los núcleos se pueden desalinear en el momento de la unión.
- Hay que evitar cambios en los índices de refracción de las fibras.

Es por ello que existen diversas técnicas de empalme de fibra óptica que intentan optimizar la unión física entre fibras.



### 3.2.2. Conectores

Los conectores ópticos sirven para unir dos tramos de fibra óptica al igual que los empalmes, con la diferencia de que en estos últimos la unión es permanente, mientras que los conectores pueden acoplarse o desacoplarse sin ningún tipo de repercusión permanente. [15]

#### 3.2.2.1. Tipos de conectores

Estos conectores se usan para la terminación de comunicaciones de fibra óptica, entre ellos tenemos:

##### 3.2.2.1.1. ST (straight tip ó Punta recta)

Es el conector más usado especialmente en terminaciones de cables MM y para aplicaciones de redes.

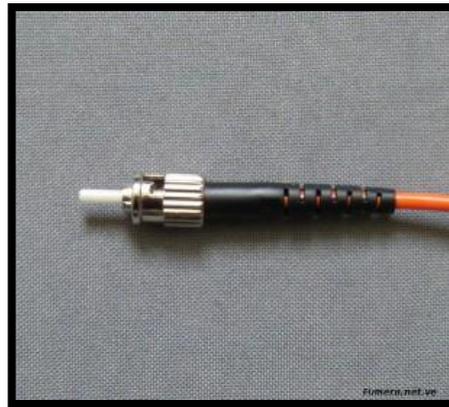


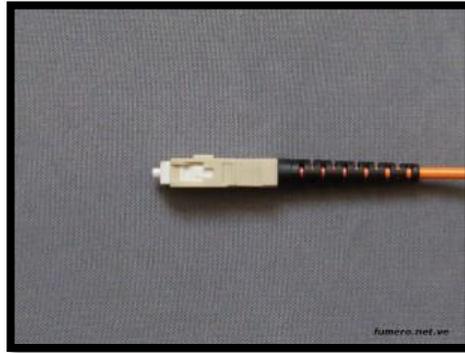
Figura No.3.11. Conector ST (Punta Recta). [15]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 3.2.2.1.2. SC (subscriber connector or “square connector” ó conector de suscriptor)

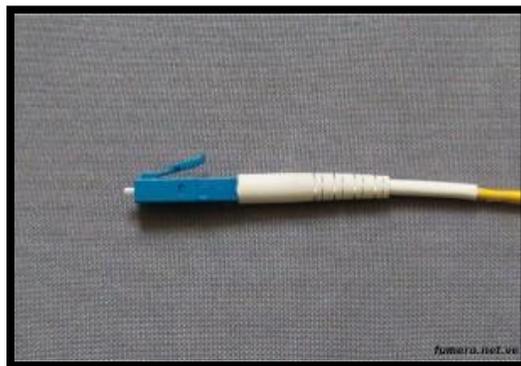
Conector de bajas pérdidas, muy usado en instalaciones de SM y aplicaciones de Redes y CATV.



*Figura No.3.12. Conector SC (Conector Suscriptor). [15]*

### 3.2.2.1.3. LC (lucent connector or “littlie connector” ó conector pequeño)

Conector más pequeño y sofisticado, usado en Transceivers y equipos de comunicación de alta densidad de datos.

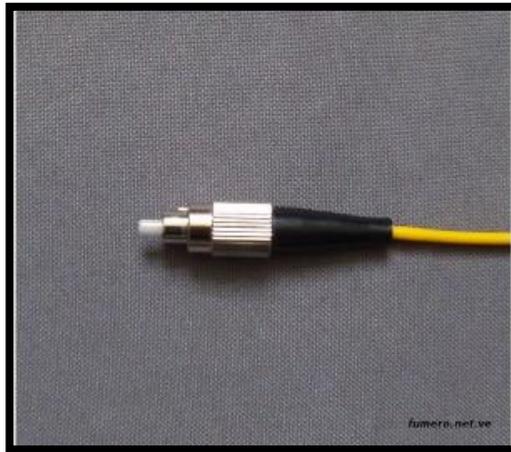


*Figura No.3.13 Conector LC (Conector Pequeño). [15]*



### 3.2.2.1.4. FC (ferule connector ó conector férula)

Conector usado para equipos de medición como OTDR. Además, comúnmente utilizado en conexiones de CATV.



*Figura No.3.14. Conector Fc (Conector Férula) [15]*

### 3.2.3. Emisores de haz de luz.

Este dispositivo se encarga de convertir la señal eléctrica en señal luminosa emitiendo el haz de luz creando el tráfico de datos.

- LEDs: utilizan corriente de 50 a 100 mA, su velocidad es lenta y se utiliza únicamente en fibra monomodo.
- Láseres: Utiliza corriente de 5 a 40 mA, tienen una velocidad mucho más eficiente y se puede utilizar con los dos tipos de fibra óptica ya sea con la monomodo y multimodo.

Conversores luz-corriente eléctrica: Estos conversores de luz convierten las señales luminosas en señales eléctricas, la corriente es proporcional a la potencia recibida y a la onda de la señal que lo modula. [5]



### 3.2.4. Mufa.

Está destinada a proteger la fusión en trabajos de fibra óptica, su diseño de cierre central contiene un sello de seguridad, además protege de la humedad y al aire del interior de la cavidad que contiene de las fibras ópticas. Posee una mecánica, hermética y de gran resistencia a cualquier condición climática y es de fácil acceso para ampliación e inspección.[16]



*Figura No.3.15 Mufa. [16]*



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 3.2.5. Equipos de red

#### 3.2.5.1. Estructura de red de aprovisionamiento de servicios.

La siguiente estructura de red nos muestra donde las conexiones de los múltiples servicios del proveedor desde sus servidores para unirlos en una sola tecnología por medio de tecnología fibra óptica y empaquetar tanto los servicios de televisión, telefonía e internet a través del equipo OLT.

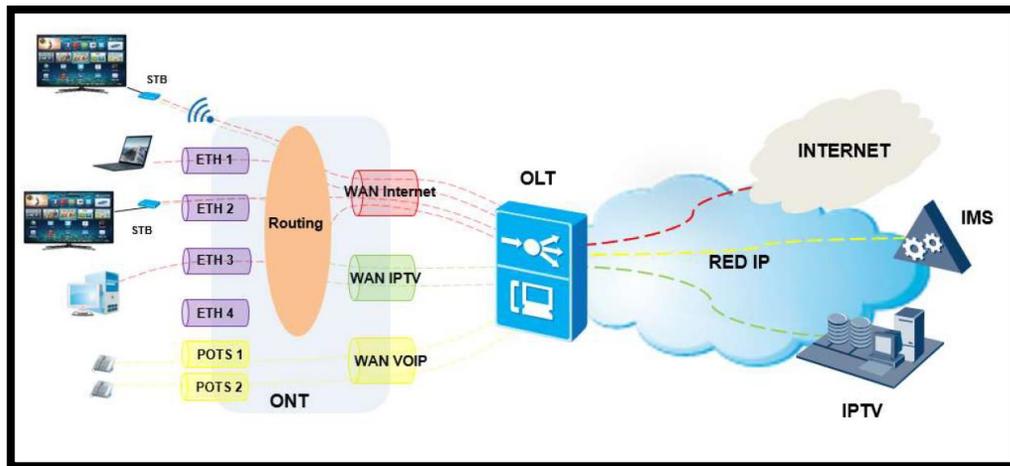


Figura.No.3.16. Estructura de Red de Aprovisionamiento de servicios.[28]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 3.2.5.2. Switch OLT cisco proveedor

Elemento activo situado en la cabecera (propiedad del operador), del que parten las fibras ópticas hacia los usuarios. Algunas características de la OLT:

#### 3.2.1.1. Características switch Ufiber OLT.

Tabla No. 3.2. Características OLT Proveedor.[28]

CARACTERISTICAS OLT PROVEEDOR	
Transmision	Triple Play ( Voz, Audio y Video).
Potencia	Salida que ronda 3 dBm
Puertos	Opticos SFP
Capacidad Maxima	2,5 Gbps Bajada y 1,25 Gbps Subida
Distancia Maxima TX	ONT cliente a 20 Km Maximo.

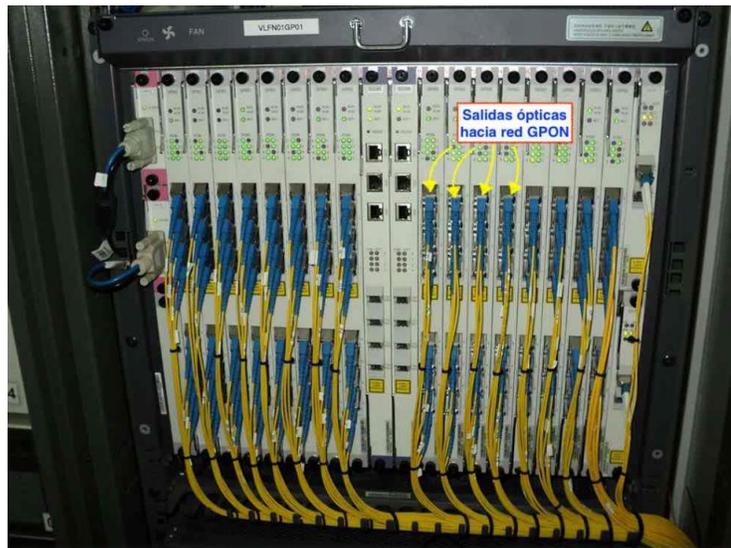


Figura. No.3.17. OLT Proveedor [28]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 3.2.1.2. Switch Ufiber OLT 4 terminal (terminal de línea óptica de 8 puertos).

El UFiber OLT 4 Terminal, se compone del dispositivo cabecera configurado por el proveedor. Ofrece ocho puertos SFP, y soporta hasta 1024 ONT (128 clientes por cada puerto sfp instalado) con enlaces físicos de hasta 20 kilómetros de distancia. Además, dispone de puertos gpon sfp que pueden proporcionar hasta 10 Gigas de conectividad de enlace ascendente. [37]

En referencia a las comunicaciones los dispositivos para el abastecimiento de datos, cumple de conformidad para poder construir redes para las comunicaciones para sus diversos tipos de zona que sea utilizado en la intemperie con respecto a la ubicación del equipo en la zona requerida.

### 3.2.1.3. CARACTERÍSTICAS SWITCH UFIBER OLT 4

Tabla No. 3.3 Características Switch UFiber OLT 4.

CARACTERÍSTICAS Switch UFiber OLT 4	
Puertos	(8) GPON SFP, (2) SFP+ Ports.
Cantidad de Clientes	1024 ONT,s/ONU,s clientes (128 clientes por cada módulo SFP instalado)
Alcance	20 km
Velocidad	2.488 Gbps Upstream (TX),1.244 Gbps Downstream (RX)
Logitudes de ondas	1490 nm Upstream (TX), 1310 nm Downstream (RX)
Modulo de Energia	AC/DC (Incluido)
Modulo de Energia	DC/DC (Opcional)



Figura. No.3.18. Switch UFiber OLT 4 Terminal) [37]



### 3.2.1.4. Splitters.

Los Splitters de Fibra Óptica o Divisores Ópticos, son los que se suelen emplear en Redes de distribución de datos de FTTH. [38]

Su funcionamiento consiste en dividir la señal óptica en varios tramos, extensible hasta el hecho de conseguir N salidas. Estas salidas son de menor potencia que la señal óptica original, pero mantienen el mismo contenido óptico de datos, por lo que cuantas más veces se divida, más usuarios dispondrán de la misma señal óptica, teniendo en cuenta la pérdida de velocidad, ya que ésta también se divide.



Figura 3.19. Splitters [38]

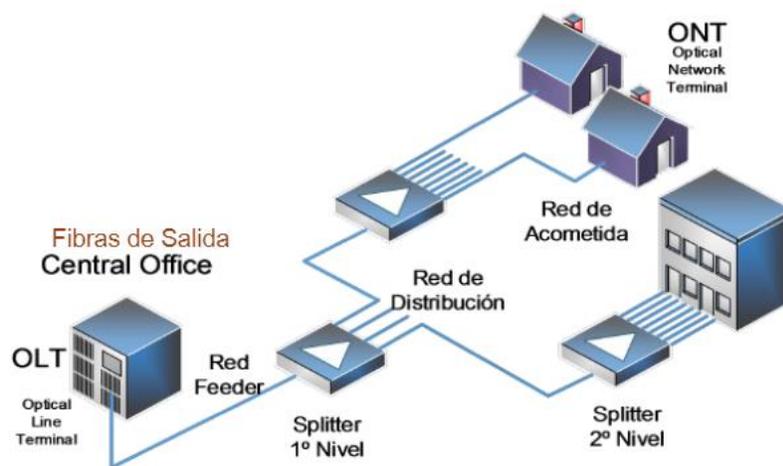


Figura 3.20. Topología de red de fibra óptica con la distribución de splitters. [38]



### 3.2.1.5. SFP dúplex (transceptores ópticos)

Los transceptores ópticos SFP, son conectores de medio compacto, e intercambiables en funcionamiento. Proporcionan conectividad de fibra instantánea en los equipos de la red de fibra óptica. Son una forma retribuirle de conectar de un único dispositivo de red a una variedad de tipos y distancia de cables de fibra óptica. Los SFP proporcionan a un producto la flexibilidad de ampliar su velocidad (Fast Ethernet y 1, 10 o 40 Gigabit) y/o distancia (de 220 m a 80 km). [39]

### 3.2.1.6. Características del SFP

Tabla 3.4. Características del SFP

Características del SFP	
Tipo de fibra Óptica	Multimodo y Monomodo
Capacidad	Gigabit Ethernet, Fast Ethernet, Fibre Channel, ATM/SONET, SDH
Tipo de material	Caja de metal durable
Compatibilidad	Se puede instalar en cualquier puerto Cisco
Lectura	Mayor información de diagnóstico digital
Longitudes	longitudes de onda estándar definidas por ITU-T G.694.2
Soporte de temperatura	Cubierta SFP resistente a temperaturas de operación entre 0°C y 70°C y entre -40°C y +85°C



Figura 3.21. SFP Dúplex (Transceptores Ópticos) [39]



### 3.2.1.7. Media Converter 10/100M

El media Converter o convertidor de fibra, recibe señales de datos, enviadas a través de un medio y las recibe convirtiéndola de señal óptica a eléctrica. Los convertidores de medios de fibra se utilizan en la red de fibra óptica para transformar las señales enviadas desde fibra de vidrio a cables UTP tradicionales; Por lo general, se utilizan en Ethernet como equipo de red de capa física. [40]

### 3.2.1.8. Características del media Converter.

Tabla 3.5. Características del media Converter.

Características del Media Converter	
Interface Optico	Conector Optico FC y SC
Capacidad de la velocidad	Negociación automática de dúplex (HDX / FDX) en el puerto RJ45
Capacidad en Distancia	2 km hasta 120 Km
Monitoreo fisico	LED de estado para TX, FX LINK / ACT, POWER, 100M para ver el estado del equipo.
Capacidad puerto electrico	Velocidad 10Mbps o 100Mbps



Figura 3.22. Media Converter 10/100M [40]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 3.2.1.9. Modem optical network terminal (ONT)

Este equipo permite conectar diversos tipos de servicios ya sea como TV, Telefonía y datos, también nos facilita conectar equipos inalámbricamente laptops, celulares, tablet etc. [41]

### 3.2.1.10. Características del modem network terminal (ONT.)

Tabla No. 3.6. Características del modem ONT.

CARACTERISTICAS MODEM ONT	
Potencia de RX minima	- 27 dBm
Potencia de RX maxima	- 8 dBm
Puertos	Ethernet (RJ45), Puertos Pots, USB.
Wlan Switch	WI-FI
Transmission Triple Play	Voz,Data y Video.

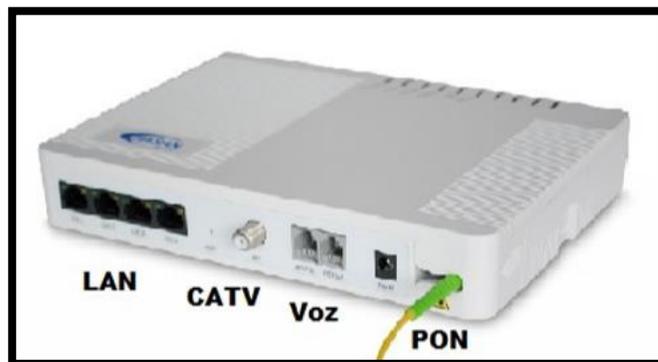


Figura 3.23. Modem ONT [41]



# CAPITULO IV.

En este capítulo se realizará la simulación del enlace para evaluar la mejor ubicación de los sitios y obtener el desempeño más óptimo de la red. En este mismo capítulo abordaremos las principales limitantes concernientes al diseño de red de FTTH, mediante el estándar IEEE 802.3, que permita el acceso a Internet al sector De La Laguna de Apoyo Granada.



### 4.1. Introducción a la topología de red FTTH

EL proyecto de una red de FTTH (Fiber To The Home) en el sector de la laguna de Apoyo es fundamental realizar el diseño lógico y simulación de la tecnología a proponer, teniendo en cuenta las dimensiones del lugar a crear dicha red, para determinar los objetivos a cumplir del diseño, se deben establecer y concretar ciertas técnicas relacionadas con los dispositivos y elementos que se vayan a montar.

FTTH contará con un nodo principal, donde tiene la recepción del servicio contratado por el proveedor, este nos entrega el ancho de banda solicitado. A partir del nodo principal se inicia el diseño de la red de FTTH, el nodo principal consta de un switch UFIBER OLT 4, [23]. Luego la distribución comienza por medio de splitters 1x128. Donde en el programa de cisco packet tracer es simbolizado por el router PT, como nuestro equipo distribuidor de fibra Óptica. Y los 8 Switch cisco, representan los puerto del UFIBER OLT4. Por lo tanto cada puerto posee una capacidad de 128 clientes obteniendo un total disponible para 1024 consumidores.



### 4.1.1. Funcionamiento General de la red FTTH.

EL tramo principal de la red de FTTH se tiende desde nuestra terminal de línea óptica (OLT), situado en el nodo central. En este punto se utiliza un splitters (divisor óptico) para la conexión de los abonados al núcleo de la fibra.

A continuación, cada bucle de abonado se equipa con un terminal de red óptica (ONT) que se conecta con las ramas del divisor.

El OLT asegura la transmisión de datos a una longitud distinta a la de la ONT, (a 1550 nm del OLT y a 1310 nm en la última milla), por lo tanto se consigue realizar la transmisión en ambos sentidos por medio de un hilo de fibra óptica sin ruidos ni interferencias entre las señales.

### 4.1.2. Capacidades técnicas en la transmisión de datos.

Dependiendo de las necesidades del cliente se pueden realizar enlaces de distintas capacidades de transmisión. En la actualidad se ofrecen conexiones, tanto simétricas como asimétricas. Esta técnica de transmisión se basa en el modo de transferencia asíncrona (ATM), donde es el protocolo de señalización de la capa para la transmisión de datos Downstream y Upstream dividiendo la distancia de señal por kilómetros hasta la última milla.[49]. En la siguiente tabla 4.1 mostramos los diferentes estándares de red fibra óptica:

*Tabla No. 4.1. Diferentes estándares de red de fibra óptica.*

	<b>B-PON</b>	<b>GE-PON</b>	<b>G-PON</b>
<b>Standard</b>	<b>ITU-T G.983</b>	<b>IEEE 802.3ah</b>	<b>ITU-T G.984</b>
<b>Downstream data rate</b>	<b>600 Mbit/s</b>	<b>1 Gbit/s</b>	<b>2.4 Gbit/s</b>
<b>Upstream data rate</b>	<b>150 Mbit/s</b>	<b>1 Gbit/s</b>	<b>1.2 Gbit/s</b>
<b>Transmission Format</b>	<b>ATM</b>	<b>Ethernet</b>	<b>Ethernet + TDM +ATM</b>



### 4.1.3. Longitudes de ondas para la recepción y transmisión en los canales descendente y ascendente.

#### 4.1.3.1. Canal descendente.

El canal descendente es el sentido de información procedente del OLT hasta los ONT ubicados en los sectores cercanos a los clientes. En este canal, la red se comporta como una red punto-multipunto. los divisores son los encargados de recibir la información del OLT, filtrar y enviar a la última milla aquellos contenidos que vayan contenido a él, en este procedimiento se utiliza el protocolo basado en TDM (time división multiplex), enviando la información a cada usuario en diferentes instantes de tiempo.

#### 4.1.3.2. Canal Ascendente.

En el canal Ascendente es el sentido de la información procedente del ONT del usuario final hasta el OLT operador. Para poder transmitir la información de los diferentes puntos de la red, sobre el mismo canal, es necesario al igual que el canal descendente la utilización de TDMA, de tal forma que cada ONT envía la información a diferentes intervalos de tiempo, controlados por nuestra OLT.



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 4.1.3.3. Longitudes de onda para la recepción y transmisión.

La longitud de onda descendente en 1550 nm y transmite los datos a 2,448 Gbps. La longitud de onda Ascendente en 1310 y transmite los datos a 1,244 Gbps. ( Ver tabla 4.1). Entre uno de los equipos principales que trabaja en estas longitudes es el Huawei MA5603T (OLT), HG8245 (ONT), GG8242 (ONT), HG 861(ONT). Estos equipos son de transmisión de alta velocidad.

#### 4.1.3.3.1. Especificaciones del Huawei MA5603T

A continuación se muestra las principales características del equipo Huawei MA5603T, lo cual este equipo trabaja con las longitudes antes mencionadas. Ver figura No. 4.1. y tabla No. 4.2. Donde conoceremos un poco el equipo.



Figura No. 4.1. Huawei MA5603T.

Tabla No. 4.2. Especificaciones técnicas más relevantes del Huawei MA5603T.

Huawei MA5603T Especificaciones	
Entorno operativo	Temperatura: -40°C to +65°C
Vida útil	Hasta 45 años
Gabinete	Interior: N66E-18 Exterior: F01D500, F01S300
Capacidad de acceso	• 48*10G GPON • 96*GPON • 288*GE



### 4.1.3.4. Definición de ancho de banda para velocidad de bajada y subida.

Para definir el ancho de banda promedio que se puede ofrecer por cliente se divide el ancho de banda máximo por puerto (2.5 Gbps Downstream y 1.25 Gbps Upstream) [45], entre el número de usuario que se pueden llegar a ofrecer, nos da:

- $BW \text{ Max PON} = 2.5 \text{ Gbps Downstream} / 1.25 \text{ Upstream}$
- $Max \text{ ONT PON} = 64 \text{ Usuarios}$
- $BW \text{ Promedio/ Usuario} = 40 \text{ Mbps Downstream} / 20 \text{ Mbps Upstream}$

En el ejemplo anterior mostramos un pequeño ejemplo si queremos segmentar la navegación a los clientes pero esto no impide si el cliente desea adquirir una mayor cantidad de ancho de banda de 50 megas, 100 megas o más.

La velocidad de bajada en la entrada de un splitter no varía en los diferentes puntos de la red ya que es la misma, gracias por el medio de fibra óptica se mantiene los mismos valores desde el tramo inicial hasta la última milla.[49]



### 4.2. Topología de red de anillo

La topología consiste en dos enrutadores (OLT servidor claro y el OLT para la distribución del enlaces de fibra óptica.), cuyo objetivo es que las PC se puedan comunicarse entre ellas y con los enrutadores mediante un enrutamiento dinámico basado en el protocolo OSPF en el que el paquete puede enviarse por una ruta diferente si el tráfico en su ruta habitual está retrasado o presente un problema por tanto nunca se pierde la comunicación, en este caso existe la redireccionamiento además que los tiempos para recuperar una red caída son cortos.

En la figura 4.2. Se aprecia los diferentes diagramas utilizado para el enlace, empezando por un serial punto a punto partiendo hacia un diagrama de anillo donde se conecta los diferentes switch simbolizando cada nodo conectando en diagrama de árbol hacia los equipos de última milla, además por medio de esta herramienta de cisco packet tracer lo que se realiza es una simbolización de los equipos en físicos ante lo lógico.

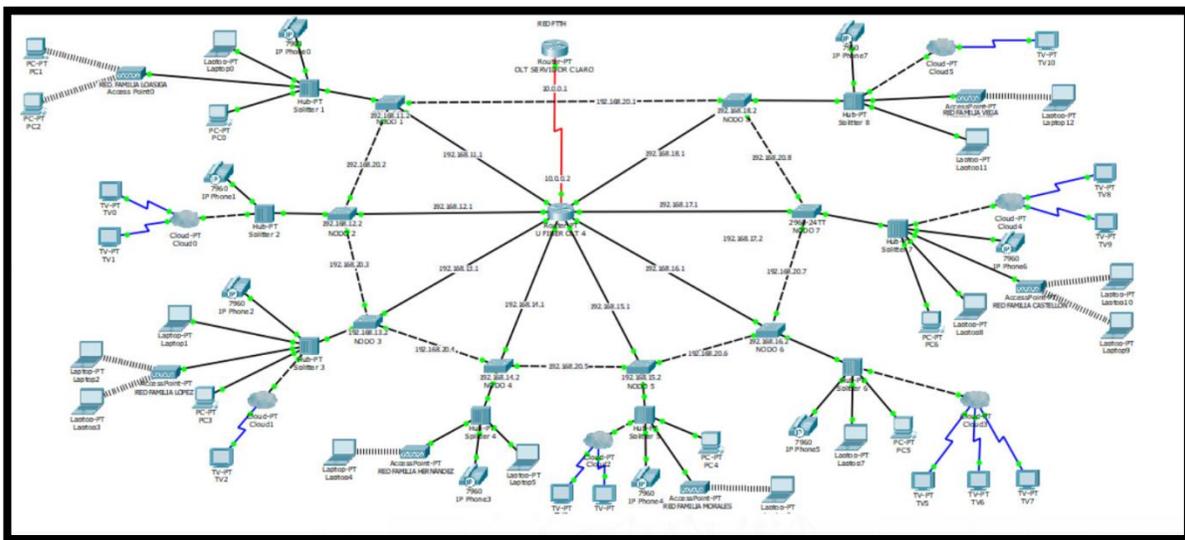


Figura 4.2. Diseño de topología de red FTTH



### 4.3. Desarrollo de actividades.

En esta sección se aborda los principales componentes de la red para la distribución del servicio de datos, donde detallamos la configuración de los routers en cisco packet tracer que simbolizan nuestro servidor principal el Ufiber OLT, y sus salidas a los nodos configurando paso a paso.

#### 4.3.1. Enrutamientos OLT

En la tabla No.4.3. Se designan dos router modelo Router-PT en el programa cisco packet tracer, que simbolizan el OLT servidor del proveedor y el OLT para la distribución de enlaces de fibra óptica. Se asigna una IP a cada puerto serial de ambos router, a través de un cable serial DTE.

*Tabla No.4.3. Direccionamiento de Router.*

ROUTER	IP DE ACCESO	MÁSCARA DE SUBRED	PUERTO SERIAL
OLT SERVIDOR	10.0.0.1	255.0.0.0	Serial 2/0
U FIBER OLT 4	10.0.0.2	255.0.0.0	Serial 2/0



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

En la siguiente figura No. 4.3 diseño de topología de red FTTH de proveedor. y figura No. 4.4. Diseño de topología de UFIBER4 se muestra la configuración de IP en el enlace del proveedor hacia el equipo distribuidor de fibra con sus IP. Y en la figura No. 4.5. Se muestra el cable usado para la unión en ambos seriales en el programa cisco packet tracer. Donde al final en la figura No. 4.6. se muestra el resultado de la conexión.



Figura 4.3. Diseño de topología de red FTTH de proveedor



Figura 4.4. Diseño de topología de UFIBER 4

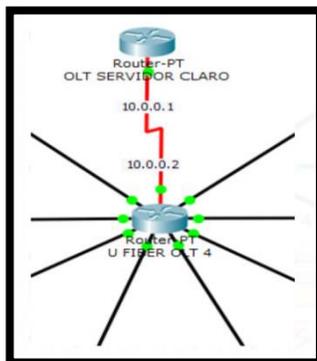


Figura 4.5. Enlace OLT Proveedor – OLT FTTH

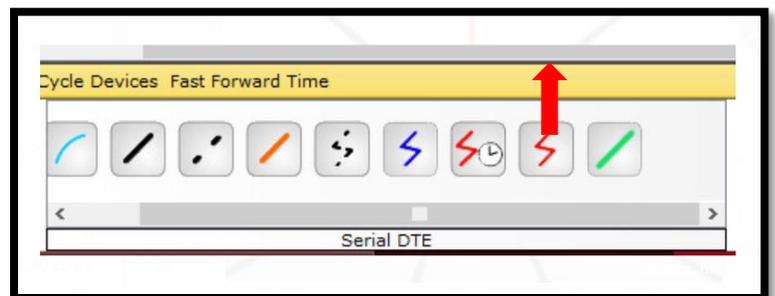


Figura 4.6. Cable serial DTE



### 4.3.2. Asignaciones de IP de puertos de OLT U FIBER

Se asigna IP de acceso y Gateway, a cada brazo que conecta los diferentes Switch, a su determinado puerto. Se usa cable Copper strike Straight-Through para enrutamiento, los Switch 2960-24TT representan cada puerto del OLT FTTH. A continuación se muestra tabla No. 4.4 Comandos de asignación de IP y Gateway y tabla No. 4.5. Direccionamiento de IP de Router. los comandos usados son:

- **Comandos utilizados para configurar Router.**

*Tabla No.4.4. Comandos de asignación de IP y Gateway*

Router>enable	Habilitar configuración
Router#configure terminal	Configuración de terminal
Router(config)#interface FastEthernet 0/0	Configuración de Interface
Router(config-if)#ip address 192.168.11.1 255.255.255.0	Asignación de IP
Router(config-if)#no shutdown	Encender Interface

A continuación en la tabla No.4.5. Direccionamiento de IP de Router. Se repite configuración para cada interface:

*Tabla No.4.5. Direccionamiento de IP de Router*

SWITCH	PUERTO	IP ASIGNADA	MÁSCARA DE SUBRED
NODO 1	0/0	192.168.11.1	255.255.255.0
NODO 2	1/0	192.168.12.1	255.255.255.0
NODO 3	4/0	192.168.13.1	255.255.255.0
NODO 4	5/0	192.168.14.1	255.255.255.0
NODO 5	6/0	192.168.15.1	255.255.255.0
NODO 6	7/0	192.168.16.1	255.255.255.0
NODO 7	8/0	192.168.17.1	255.255.255.0
NODO 8	9/0	192.168.18.1	255.255.255.0



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

- **Comandos utilizados para configurar Switch.**

En la siguiente tabla No.4.6. Comandos de asignación de IP y Gateway. Mostramos como configuración el Switch que representa un puerto del OLT de distribuidor de fibra óptica.

*Tabla No.4.6. Comandos de asignación de IP y Gateway*

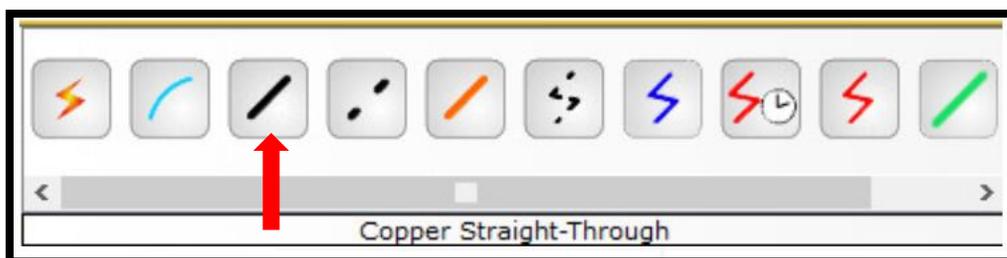
Switch>enable	Habilitar configuración
Switch#configure terminal	Configuración de terminal
Switch(config)#hostname NODO 1	Asignación de nombre
NODO 1(config)#interface vlan1	Configuración de Interface
NODO 1(config-if)#ip address 192.168.11.2 255.255.255.0	Asignación de IP
NODO 1(config-if)#no shutdown	Encender Interface
NODO 1(config-if)#ip default-gateway 192.168.11.1	Definir Gateway
NODO 1(config-if)#do write	Guardar cambios

En la tabla No. 4.7. Mostramos la direccionamiento de IP de Switch.

*Tabla No.4.7. Direccionamiento de IP de Switch.*

SWITCH	IP ASIGNADA	MÁSCARA DE SUBRED
NODO 1	192.168.11.2	255.255.255.0
NODO 2	192.168.12.2	255.255.255.0
NODO 3	192.168.13.2	255.255.255.0
NODO 4	192.168.14.2	255.255.255.0
NODO 5	192.168.15.2	255.255.255.0
NODO 6	192.168.16.2	255.255.255.0
NODO 7	192.168.17.2	255.255.255.0
NODO 8	192.168.18.2	255.255.255.0

La siguiente figura 4.7. Cable Cooper. Nos muestra el tipo de cable que se utiliza para las conexiones de los dispositivos:



*Figura 4.7. Cable Copper Straight-Through.*

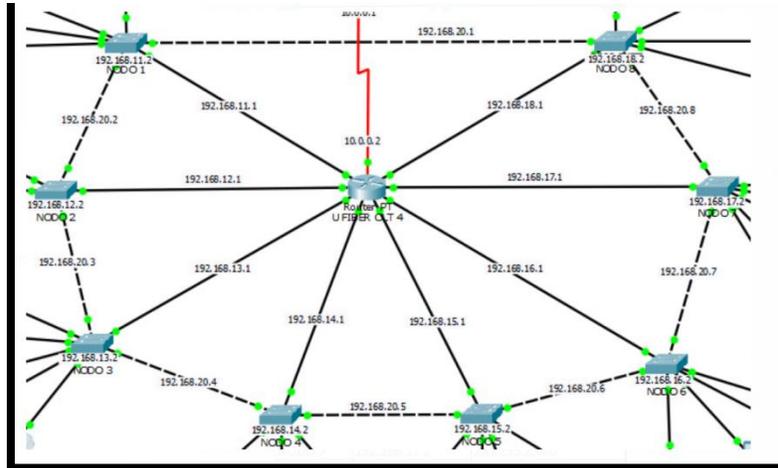


## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

En la tabla No. 4.8 Asignación de IP para el enlace del Anillo en la red FTTH. Y en la figura No. 4.8. Visualización de red con IP asignadas en la topología Anillo. Nos muestra la visualización de Switch con IP asignadas y de enrutamiento en el diseño de anillo. Se aplica mismo comandos de la tabla No. 4.6. Comandos de asignación de IP y Gateway.

*Tabla No.4.8.Asignación de IP para enlace de Anillo en la red FTTH.*

RUTA DE ANILLO		
192.168.20.1	NODO 8--NODO 1	PUERTO 0/3
192.168.20.2	NODO 1--NODO 2	PUERTO 0/3
192.168.20.3	NODO 2--NODO 3	PUERTO 0/3
192.168.20.4	NODO 3--NODO 4	PUERTO 0/3
192.168.20.5	NODO 4--NODO 5	PUERTO 0/3
192.168.20.6	NODO 5--NODO 6	PUERTO 0/3
192.168.20.7	NODO 6--NODO 7	PUERTO 0/3
192.168.20.8	NODO 7--NODO 8	PUERTO 0/3



*Figura 4.8. Visualización de red con Ip asignadas en la topología Anillo.*



### 4.3.3. Asignación de IP a Ordenadores

A continuación en la figura No. 4.9. Ordenadores conectados a un nodo de la red y figura No.4.10 Asignación de IP a ordenadores. Se muestra como se asigna una IP a cada ordenador con tipo de conexión DHCP donde cada uno de ellos representa cada uno de los usuarios conectados a la red.

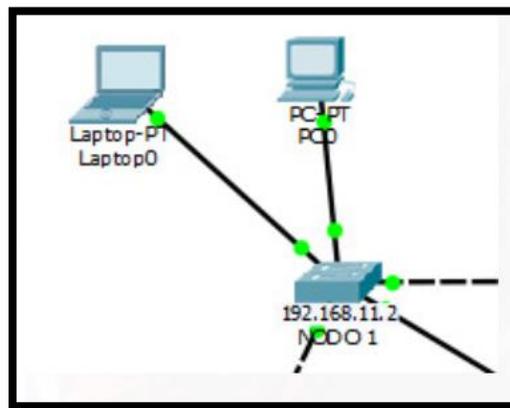


Figura No. 4.9. Ordenadores conectados a un nodo de la red

- **Asignación de IP a modo DHCP de los ordenadores.**

En la figura No.4.10. para asignar la IP modo DHCP se selecciona la opción Desktop y se escoge la opción IP configuración marcando la opción DHCP y se asigna automáticamente una IP al ordenador que se está configurando.



Figura No.4.10. Asignación de IP a ordenadores



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 4.3.4. Configuración Access Point en red FTTH.

En la figura No. 4.11. Conexión WLAN del nodo 1. Se demuestra como brindar acceso vía WLAN, con conexión DHCP

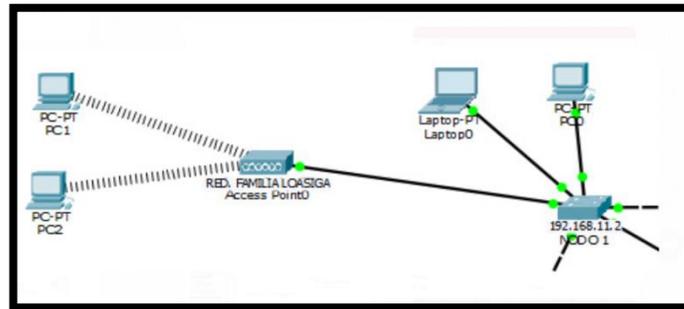


Figura No.4.11. Conexión WLAN del nodo 1.

En la figura No. 4.12. Configuración de red Wifi en equipos Access Point Se accede al equipo Access point, seleccionamos la opción configuración y luego nos ubicamos en la opción que nos indica Port 1, luego se le asigna un SSID y su autenticación

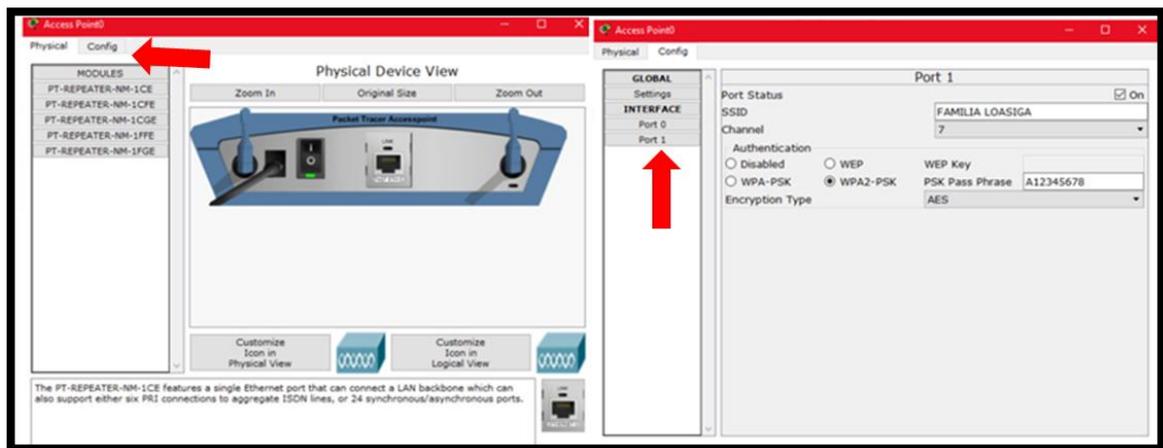


Figura No.4.12. Configuración de red Wifi en equipos Access Point.



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

Ahora se procede conectar ordenadores a red Wifi de la siguiente manera

- En la figura No. 4.13. Montaje de adaptador de ordenador. Se coloca adaptador Wifi (PT-HOST-NM-1W-A,) al ordenador para que este pueda conectarse vía Wifi, accedemos a la opción pc wireless.

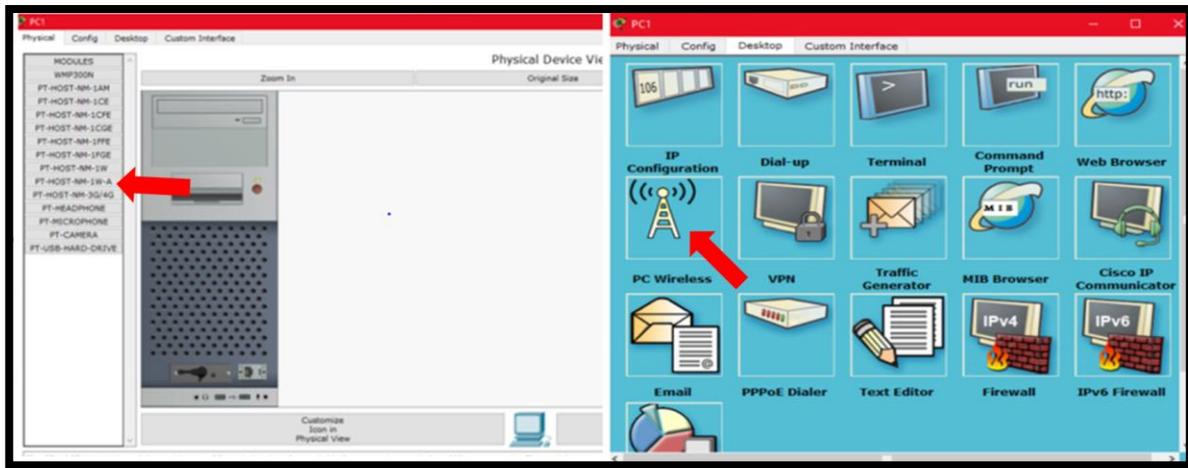


Figura No.4.13. Montaje de adaptador en el ordenador.

En la figura No.4.14.Introducción clave Wifi al ordenador. Accedemos a la interface inalámbrico, damos click en connect, seleccionamos la red a la que deseamos conectar e introducir su password posteriormente iniciar la navegación en el dispositivo.



Figura No.4.14. Introduciendo clave Wifi al ordenador



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 4.3.5. Demostración de conectividad de transmisión y recepciones de datos.

- **Primera Actividad: Demostración a través de consola comando Ping, demostrando acceso entre nodos.**

Se selecciona ordenadores **Laptop 0**, y a través de consola se ejecuta comando ping a las siguientes direcciones:

Tabla No.4.9. Ruta de comando Ping.

IP ASIGNADA	ORDENADOR	NODO DE ACCESO
192.168.10.3	LAPTOP 1	NODO 3
192.168.10.2	PC 4	NODO 5
192.168.10.5	LAPTOP 11	NODO 8

En la figura No.4.15. Acceso a modo consola. Se selecciona la opción Desktop y se escoge la opción Command Promp



Figura No.4.15. Acceso a modo consola.

En la figura No.4.16. Resultados de comandos ping. Se observa a la cantidad de paquetes entregados satisfactoriamente desde el ordenador origen hacia el ordenador destino.

```
Command Prompt
Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 192.168.10.3
Pinging 192.168.10.3 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.10.3: bytes=32 time=12ms TTL=128
Reply from 192.168.10.3: bytes=32 time=10ms TTL=128
Reply from 192.168.10.3: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.10.3: bytes=32 time=0ms TTL=128
Ping statistics for 192.168.10.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 12ms, Average = 5ms

PC>ping 192.168.10.2
Pinging 192.168.10.2 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.10.2: bytes=32 time=22ms TTL=128
Reply from 192.168.10.2: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.10.2: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.10.2: bytes=32 time=2ms TTL=128
Ping statistics for 192.168.10.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 22ms, Average = 6ms

PC>ping 192.168.10.5
Pinging 192.168.10.5 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.10.5: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.10.5: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.10.5: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.10.5: bytes=32 time=0ms TTL=128
Ping statistics for 192.168.10.5:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms
```

Figura No.4.16. Resultados del comando Ping.



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

- **Segunda Actividad:** Envió de mensajes entre ordenadores a diferentes nodos de la red FTTH.

Se utiliza acción envió de mensajes desde barra lateral del programa tomando como ejemplo la siguiente ruta.

Tabla No.4.10. Trafico de envió de datos.

ORDENADOR TRANSMISOR	NODO DE SALIDA	ORDENADOR RECEPTOR	NODO DE ENTRADA
LAPTOP 0	NODO 1	LAPTOP 7	NODO 6

En la figura No.4.17. Asignación para envío de mensaje. Seleccionamos el icono mensaje para asignar la ruta del envío de paquete desde destinatario hasta destino.

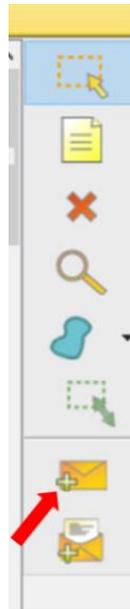


Figura No.4.17. Asignación para envió de mensaje

En la figura No.4.18. Asignación de mensaje a ordenador. Se aprecia la asignación de mensaje a los ordenadores a utilizar.

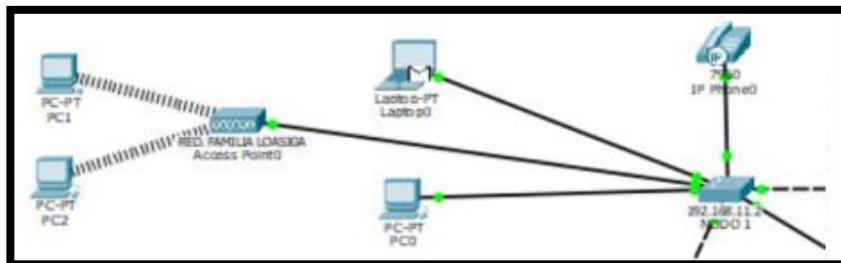


Figura No.4.18. Asignación de mensaje a ordenador



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

En la figura No.4.19. Se observa el ordenador receptor del mensaje.

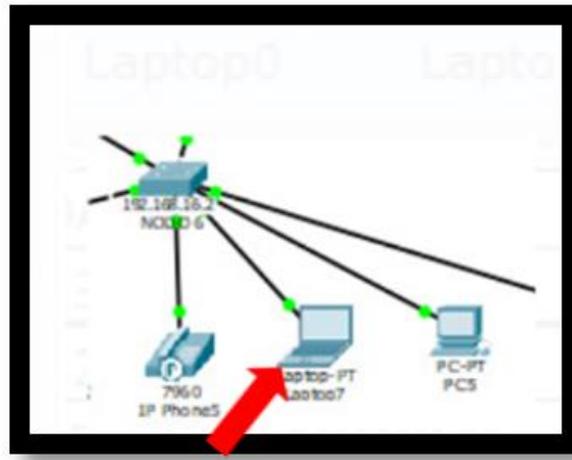


Figura No.4.19. Ordenador receptor del mensaje.

En la figura No.4.20. Muestra el estado del mensaje como entrega completa (Successful).

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)
	Successful	Laptop0	Laptop7	ICMP		0.000

Figura No.4.20. Visualización de mensaje enviado con éxito.



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

- **Tercera Actividad:** Envió de paquetes de datos vía DHCP de conexión WLAN a LAN y su trayectoria en la red de anillo FTTH.

Se demuestra la conectividad y trayectoria entre cada IP de acceso sobre los diferentes nodos incluyendo rutas de anillo dando con éxito el envío de datos

En la figura No.4.21. Se cambia a modo simulación

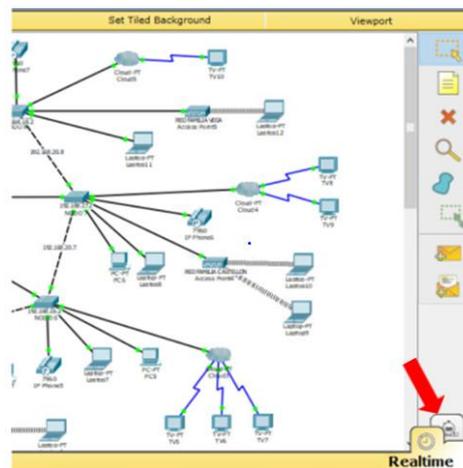


Figura No.4.21. Modo simulación.

En la figura No.4.22. Se visualiza panel donde mostrara el recorrido del envío de datos seleccionando nuevamente el icono de mensaje.

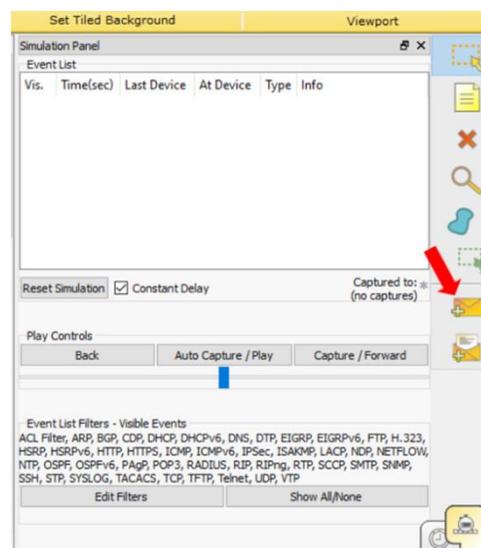


Figura No.4.22. Panel de simulación



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

En la figura No.4.23 Se muestra el mensaje en espera y se selecciona la opción autocapture/ Play para que este se ejecute

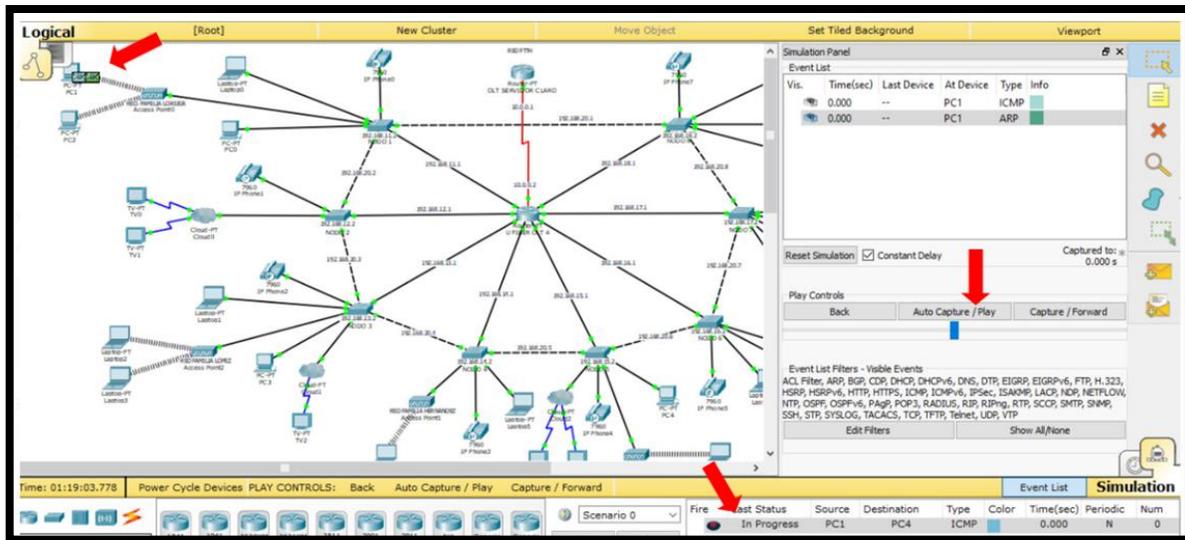


Figura No.4.23. Ejecución de mensaje en espera.

Una vez que se ejecuta el envío de transmisión de datos se visualiza el recorrido que este toma en los diferentes segmentos y saltos entre cada nodo hasta llegar a su destino.

Tabla No.4.11. Inicio y destino de envío de datos.

ORDENADOR TRANSMISOR	TIPO DE CONEXIÓN	NODO DE SALIDA	ORDENADOR RECEPTOR	TIPO DE CONEXIÓN	NODO DE ENTRADA
PC 1	WLAN	NODO 1	PC 4	LAN	NODO 5



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

En la figura No.4.24. y figura No.4.25. Nos muestra en el panel de simulación las diferentes trayectorias de la transmisión de datos. En la figura No.4.25. se observa que el paquete hacia su destino a llegado con éxito

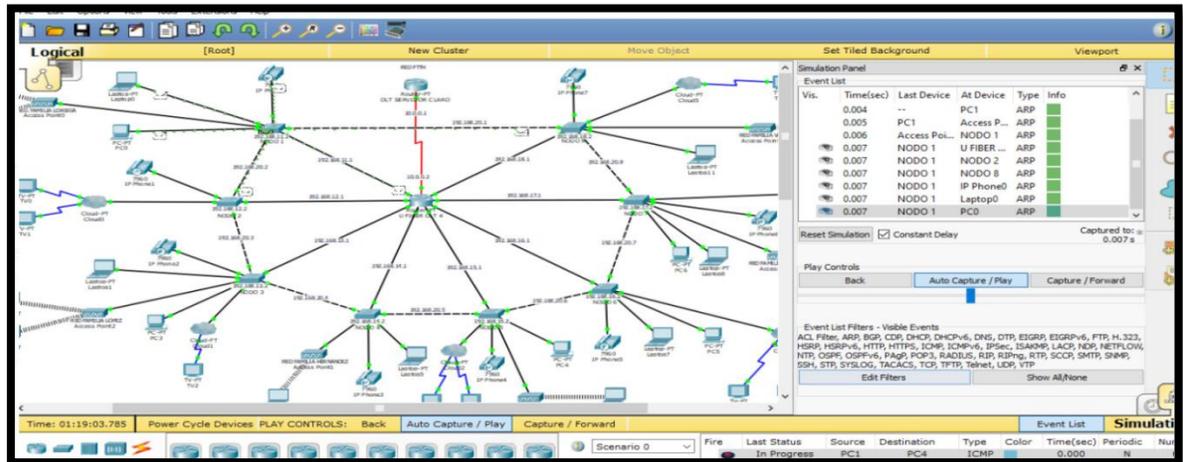


Figura No.4.24. Trayectorias de transmisión de datos.

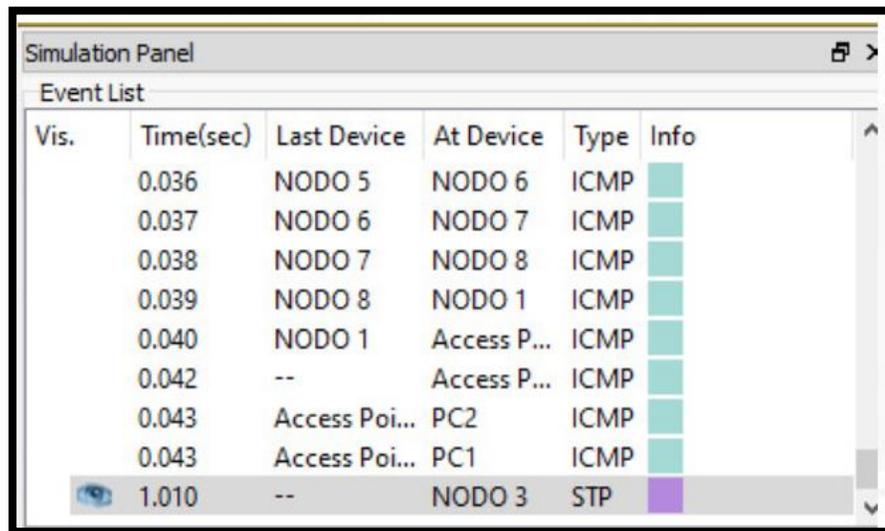


Figura No.4.25. Diferentes trayectorias de tráfico del envío de datos.

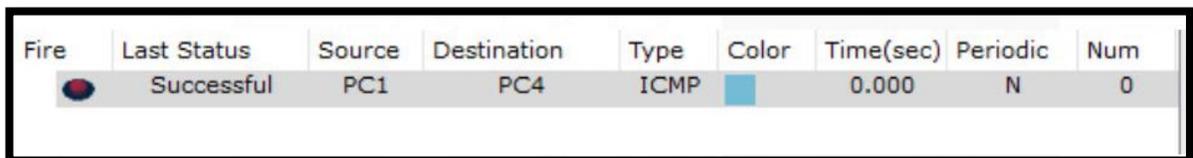


Figura No.4.26. Mensaje recibido con éxito.



### 4.4. Limitantes que se presentan en una red FTTH, mediante el estándar IEEE 802.3

#### 4.4.1. Atenuaciones en la red de Fibra Óptica.

A la pérdida de potencia a través del medio se conoce como Atenuación, es expresada en decibelios, con un valor positivo en dB. [9]

La fibra de tipo multimodal tiene mayor pérdida debido a que la onda luminosa se dispersa originada por las impurezas. Las principales causas de pérdida en el medio son:

- Pérdidas por absorción.
- Pérdidas por radiación.
- Pérdidas por acoplamiento.

#### 4.4.2. Causas de pérdida en transmisión de Fibra Óptica.

- Pérdidas por absorción:
- Ocurre cuando las impurezas en la fibra absorben la luz, y esta se convierte en energía calorífica.
- Pérdidas por radiación:
- Estas pérdidas se presentan cuando la fibra sufre de dobleces, esto puede ocurrir en la instalación y variación en la trayectoria, cuando se presenta discontinuidad en el medio.
- Pérdidas por acoplamiento:
- Las pérdidas por acoplamiento se dan cuando existen uniones de fibra, se deben a problemas de alineamiento. [10]



### 4.5. Estándar IEEE 802.3

La red FTTH hace como referencia al estándar IEEE 802.3 dado a que este fue el primer intento para estandarizar redes basadas en Ethernet, incluyendo las evoluciones que de esta se obtuvieron, entre ellas ampliaciones de velocidades, conmutadores y distintos tipos de medios para distribuir de manera más efectiva por el medio de fibra óptica, entre ellas las versiones:

*Tabla No. 4.12. Versiones de estándares de la IEEE 802.3*

802.3an	2006	Ethernet a 10 Gbit/s sobre par trenzado no blindado (UTP)
802.3cc	2017	Fibra monomodo

La intención de este estándar era aprovechar las ventajas de la tecnología de fibra óptica, y aplicarlas a Ethernet. Se mejora la seguridad y soporta mayores velocidades de transmisión de datos. Esto disminuye los cortes de datos debido a las tramas que se usaron como anillo.



# CAPITULO V.

Estudio de costo para la red FTTH en la zona de la laguna de apoyo.



### 5. Estudio de costos.

#### 5.1. Costos de la inversión del capital.

La inversión del capital o capital Expenses (CAPEX), por las siglas en ingles se pone en práctica cuando un negocio invierte en una compra de un activo fijo o para ingresar el valor a uno existente alargando la vida útil para prolongar a más allá del año imponible.

Se identifican las inversiones que sean necesarias en toda la estructura de la red desde el nodo de distribución, los puertos del OLT, los Splitters, cajas de distribución, etc, y la de los clientes. Tanto en la obra civil, los equipos activos y pasivos, materiales e instalaciones.

No se toman en cuenta los costos relacionados con la instalación y aprovisionamiento del cliente, ya que eso implica como costo operativo y de instalación en la evaluación de costo de operación (OPEX).

A continuación en la siguiente tabla No.1. Mostramos la cantidad de materiales y servicios a contratar para poder construir la infraestructura de la red para brindar por puerto del OLT hasta 128 usuarios finales.



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

Se tiene de referencia los costos cuyos soportes se encuentran en la sección de anexo, se adquirieron proformas a los principales proveedores sobre equipos de telecomunicaciones pero no se logra obtener un buen resultado ya que una de las principales limitantes es la falta de stocks y altos precios de importación ya que también al realizar cotizaciones solicitan nombre de la empresa y entre otros requisitos.

En la siguiente tabla No.5.1 nos muestra la referencia de precios, ya que estos datos nos apoyamos de la herramienta de internet. Ya que al realizar cotizaciones locales esta tiene sus prioridades y políticas para abastecer a los proveedores de servicios y estas no fueron posibles.

*Tabla No. 5.1. Referencia de Precios.*

<b>Referencia de Precios</b>			
	<b>Internet</b>	<b>Envio</b>	<b>Total</b>
<b>Material</b>			
FTTH GPON OLT 8 Puertos	\$1,705.12	\$109.74	\$1,814.86
ODF de rack de 24 puertos	\$92.50	\$3.50	\$96.00
Splitter 1:8	\$23.99	\$4.99	\$28.98
Cajas terminales de 8 salidas	\$110.19	\$4.99	\$115.18
Mufa FOSC 400A8	\$129.99	\$4.99	\$134.98
Cable ADSS 12 hilos	\$1.19	\$0.016	\$1.21
Poste de acero galvanizado 7/90	\$180.00	\$63.00	\$243.00
Soporte para reserva en poste	\$16.70	\$5.85	\$22.55
Cruceta galvanizada	\$13.85	\$4.85	\$18.70
Patchcord SC/SC	\$19.54	\$2.85	\$22.39



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

En la tabla No. 5.2. Análisis de CAPEX nos muestra el detalle de los equipos a utilizar y sus cantidades ya que esto nos brindan el valor total de materiales:

*Tabla No. 5.2. Análisis de CAPEX*

Material	Cantidad	UM	Precio Unitario	Precio Total
FTTH GPON OLT 8 Puertos	1	UND	\$1,814.86	\$1,814.86
ODF de rack de 24 puertos	1	UND	\$96.00	\$96.00
Splitter 1:8	18	UND	\$28.98	\$521.64
Cajas terminales de 8 salidas	18	UND	\$115.18	\$2,073.24
Mufa FOOSC 400A8	1	UND	\$134.98	\$134.98
Cable ADSS 12 hilos	4000	MTS	\$1.20	\$4,800.00
Poste de acero galvanizado 7/90	42	UND	\$243.00	\$10,206.00
Soporte para reserva en poste	1	UND	\$22.55	\$22.55
Cruceta galvanizada	42	UND	\$18.70	\$785.40
Accesorios de fijación de paso	42	UND	\$25.00	\$1,050.00
Patchcord SC/SC	2	UND	\$22.39	\$44.78
Conectores y misceláneos	1	UND	\$100.00	\$100.00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>\$21,649.45</b>

En la siguiente tabla No.5.3 análisis de costo del capital CAPEX. Podemos observar el valor por instalación de los equipos, haciendo constar la sumatoria total de materiales más el total de servicios e incluyendo el IVA, ya que esto nos brinda un total de la inversión inicial para el proyecto.

*Tabla No. 5.3. Análisis de costo del capital CAPEX.*

Análisis de costo del capital CAPEX				
Servicio	Cantidad	UM	Precio Unitario	Precio Total
Instalación de splitters 1:8	18	UND	\$15.00	\$270.00
Instalación de cajas terminales	18	UND	\$12.00	\$216.00
Instalación de mufa óptica	1	UND	\$35.00	\$35.00
Acomodo de reserva en poste	1	UND	\$30.00	\$30.00
Instalación de Cable óptico	5700	UND	\$1.00	\$5,700.00
Instalación de cruceta	42	UND	\$10.00	\$420.00
Instalación de postes	42	UND	\$40.00	\$1,680.00
Instalación de patchcord	2	UND	\$1.00	\$2.00
Rotulación de cable	6	UND	\$0.50	\$3.00
Fusiones de fibra óptica	26	UND	\$50.00	\$1,300.00
Certificación de enlaces	128	UND	\$15.00	\$1,920.00
Transporte	1	UND	\$4,800.00	\$4,800.00
<b>TOTAL SERVICIOS</b>				<b>\$16,376.00</b>
<b>TOTAL SERVICIOS + MATERIALES</b>				<b>\$38,025.45</b>
<b>TOTAL SERVICIOS + MATERIALES + IVA</b>				<b>\$43,729.27</b>



### 5.2. Costos de operaciones.

Los costos de operación u Operation Expenses (OPEX) por sus siglas en ingles se deben de evaluar con distintos escenarios para conocer algún imprevisto y tener los márgenes de operatividad, en nuestros datos tomaremos en cuenta los principales costos y gastos más usuales que implica tener una optimización en la operatividad y gestión de la red.

Se tomara en cuenta el precio promedio de una instalación casual para elaborar 3 escenarios con diferentes porcentajes de inclinación, Se tomará como referencia el precio promedio de una intervención típica para elaborar 3 escenarios con diferentes porcentajes de afecciones, aquí se considera el costo de desplazamiento de los equipos de trabajos e intervenciones en la red.

En la tabla No.5.4. Nos muestra los costos operativos, lo cual estos escenarios fueron con apoyo de una empresa de telecomunicaciones, podemos optar con 3 diferentes momentos optimista, realista y pesimista. En las columnas de % de afectaciones mensuales nos brinda el porcentajes de afectación que ocurren en el mes, en la siguiente columna de numero de afectaciones mensuales es la cantidad de averías al mes, en la columna de costo promedio por incidencias es el valor de que cuesta la atención de cada avería y en la última columna es el total de averías por el costo de cada una de ellas dando como resultado el costo total anual de las mismas.

*Tabla No. 5.4. Costos Operativos.*

Costos operativos				
	% de afectaciones MENSUALES	Numero de afectaciones mensuales	Costo promedio por incidencias	Costo Operativo anual
Optimista	5%	6.5	\$70.00	\$5,460.00
Realista	10%	12	\$70.00	\$10,080.00
Pesimista	15%	20	\$70.00	\$16,800.00



### 5.3. Costos Fijos.

En esta parte evaluaremos aquellos pagos que se realizan una única vez, para la ejecución de la construcción de la red se deben de tomar los siguientes pagos para brindar un buen servicio.

- Permisos municipales: 10 % sobre el valor bruto de la inversión.
- Impuestos municipales de obras civiles: \$100 mensuales.
- Alquiler de red de interconexión: \$2500 mensuales para brindar servicio de interconexión con internet.
- Publicidad: \$100 mensuales pagos de valla publicitaria de la entrada de la zona de la laguna de apoyo.
- costos administrativos: \$1000 mensuales, costos asociado con la gestión y monetización de la red.
- Costos de venta asociados a la oferta del servicio: \$1000 mensuales.

Tabla No. 5.5. Costos Fijos.

Costos fijos			
Descripción	Periodicidad	Monto	Costo fijo ANUAL
Permisos 10%	1 vez	\$4,228.00	Pago único
Impuestos municipales	anual	\$1,200.00	\$1,200.00
Alquiler red de interconexión	mensual	\$2,500.00	\$30,000.00
Publicidad	mensual	\$100.00	\$1,200.00
Costo Administrativo	mensual	\$1,000.00	\$12,000.00
Costos de venta	mensual	\$1,000.00	\$12,000.00
Total costos fijos +5% margen			<b>\$59,220.00</b>

Se calcula el costo fijo anual para realizar los análisis financieros, flujo de caja, Valor actual Neto y Tasa interna de retorno, de esta manera en los planes de gestión financiera y de costos.

## 5.4. Plan de gestión financiera.

Para demostrar la viabilidad financiera en un proyecto de telecomunicaciones se realizan diferentes tipos de casos de ingresos como de egresos, también se estima un aproximado de potenciales abonados dada la capacidad máxima de la red y el pago promedio mensual del cliente, luego elaboramos un flujo de caja proyectado para encontrar el payback descontado, esto indica que en determinado tiempo ya sea en meses o en años sean necesarios para que el inversionista consiga un 100% de retorno con la tasa de descuento deseada.

### 5.4.1. Proyección de ingresos de la red.

A continuación la proyección de ingresos según la capacidad instalada, para 128 clientes se realiza 3 diferentes casos, calculamos el ingreso total anual para poder calcular de manera más rápida los flujos de cajas. Se toma de referencia el monto de la renta promedio por cliente para el servicio de Internet, con una velocidad estándar de 50 Mbps de subida y 20 Mbps de bajada.

Tabla No. 5.6. Proyección de ingresos red FTTH.

Proyección de ingresos red FTTH				
Escenario	% de penetración	Potenciales abonados	Renta promedio por abonado	Ingreso Total anual
Optimista	100%	128	\$70.00	\$107,520.00
Realista	80%	102	\$70.00	\$85,680.00
Pesimista	60%	61	\$70.00	\$51,240.00



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### 5.4.2. Flujo de caja proyectada, Payback descontado, valor actual neto y tasa interna de retorno.

Una vez que se ha calculado el flujo de ingresos y egresos, se tendrá que evaluar que tan atractiva es la inversión en el tiempo, lo cual se podrá ver su rendimiento con respecto al tiempo se recuperara la inversión inicial, para este caso se utiliza una tasa de rendimiento de inversión de 12%, típica para el rubro de telecomunicaciones.

Para que este proyecto sea rentable, el valor de VAN debe de ser mayor que cero. Esto indicara que a un plaza estimado en caso de 5 años podremos recuperar la inversión que ha puesto a trabajar el proyecto y tendremos más beneficio que si dicha inversión se hubiese puesto en renta fija, mínimo 12% lo cual indica el nivel de rentabilidad del proyecto en esos 5 años. En el año 0 ubicamos todos los desembolsos para llevar a cabo la construcción del proyecto, incluyendo el pago de permisos de construcción de la alcaldía de la localidad y todos los costos del capital de inversión.

Utilizando formulas predeterminadas en hojas de cálculo como Excel para calcular estos parámetros financieros, nuestro costo es la inversión inicial la cantidad de un total de \$ 43,729.27, en telecomunicaciones usamos un margen de respaldo por cualquier excedente en la inversión de un 12 % calculando este porcentaje por el costo inicial más la suma del mismo obtenemos un valor presente de \$ 48,976.78, exigiendo un rendimiento de 12% esta inversión lo supera significativamente, dejando un margen de utilidades brutas del 26.64%, en esta relación económica entre el valor presente de los ingresos y egresos durante el periodo de los 5 años proyectados.

Una tasa interna de retorno de 36.38% nos muestra lo rentable de este proyecto en el tiempo, considerando un escenario donde la red se encuentra operativa al 100% hasta el año 2, lo que significaría en mejores réditos se obtienen los mejores resultados en las ventas en los primeros 2 años.



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

El payback descontando nos sirve para verificar la cantidad de años que necesitan para recuperar el 100% de lo invertido inicialmente. En este proyecto toda la inversión se recupera en un tiempo de 1 años y 10 meses. (1.10 años).

En la siguiente tabla No.5.7. Podemos observar el flujo financiero conforme a VAN (valor actual neto) Y TIR (tasa de retorno interno), donde podemos analizar la proyección entre los 5 años que será efectivo el proyecto.

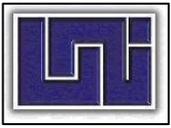
*Tabla No. 5.7. Análisis financiero del proyecto (VAN y TIR)*

Análisis financiero del proyecto (VAN y TIR)								
Años	0	1	2	3	4	5	Tasa de Descuento 12%	
Inversión	-\$48,976.78							
Costos	\$0.00	-\$64,680.00	-\$69,300.00	-\$76,100.00	-\$76,100.00	-\$76,100.00		
Ingreso	\$0.00	\$51,240.00	\$85,680.00	\$107,520.00	\$107,520.00	\$107,520.00		
Ganancia	\$0.00	-\$13,440.00	\$16,380.00	\$31,420.00	\$31,420.00	\$31,420.00		
VAN	\$12,241.92							
Margen	26.64%							
TIR	18.27%							
PAYBACK DESCONTADO	1.10							

En la tabla No.5.8. Podemos observar el cálculo del progreso del valor actual neto (Van) proyectado a 5 años.

*Tabla No. 5.8. Calculo Van por año.*

Calculo VAN por año						
Años	0	1	2	3	4	5
VAN por año	-\$48,976.78	-\$12,000.00	\$13,058.04	\$22,364.14	\$19,967.98	\$17,828.55
	-\$48,976.78	-\$60,976.78	-\$47,918.74	-\$25,554.61	-\$5,586.63	\$12,241.92



# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**



### Conclusiones

El objetivo principal es el diseño una red FTTH en la zona de La Laguna de apoyo para la optimización del servicio de internet.

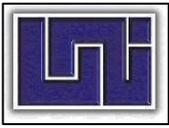
Donde este documento monográfico sirva de base documental para los futuros ingenieros, dado que se compila mucha información importante sobre la optimización del servicio de internet en la zona. La estructura de red del documento indica el procedimiento a seguir para una red FTTH.

Si bien todos los puntos abordados son importantes, en el capítulo II se recopila toda la información necesaria para el estudio de la tecnología existente en el sitio proveniente de una compañía de telecomunicaciones que opera en Nicaragua, se obtienen diversos datos del sitio el cual se obtiene toda la información necesaria para plantear las pérdidas.

En el capítulo III se incluye el proceso de evaluación de encuesta y de los parámetros de los equipos que posee una red de fibra óptica, y sus ventajas al realizar una topología de red de anillo que consta del nodo central hacia la última milla.

En el capítulo IV se muestra la funcionalidad de los equipos de la red de fibra óptica por medio del programa Cisco packet Tracer donde se realizó la simbolización de cada uno de los componentes donde se demuestra la conectividad entre el transmisor y el receptor en la red.

Finalmente al completar la redacción de este documento monográfico concluimos que el diseño de una red FTTH para el sector de la laguna de apoyo es viable debido al estudio económico que se realiza en el capítulo V donde la VAN es mayor a cero y la TIR es mayor al 12% del estándar internacional, esto para crear un margen ante cualquier eventualidad. En este documento se da un aporte útil para la comunidad estudiantil en general, especialmente para los estudiantes y profesores que están en el ramo del estudio de las redes de telecomunicaciones.



### Recomendaciones

Como recomendación final se brinda la posibilidad de que en estudios posteriores se hable del tema tratado sobre el diseño de red FTTH ya que posee información completa para futuras ampliaciones y ya que el medio permite la transmisión de datos, telefonía y televisión para brindar un empaquetamiento al usuario.

Es muy importante el seguimiento que se le puede brindar a este tema ya que la universidad, facultad o programa académico, pueden brindar continuidad sobre el tema trabajado en la tesis, además dependiendo de la investigación realizada se puede mejorar en el ámbito académico.

En caso de que este estudio sobre el diseño de fibra óptica sea aplicado a una organización es importante incluir las recomendaciones propuestas enfocadas sobre el estudio para brindar que la red sea 100% disponible 24/7 por 365 días del año para brindar un buen servicio.



## **REFERENCIA BIBLIOGRAFIA**

[1] Chuang-Ching Rd (2018,12). Ventajas de Fibra óptica con respecto a enlace microondas. [En línea]. Disponible en <https://www.hotware.com.tw/es/news-44442/En-ventajas-de-fibra-inal%C3%A1mbrica-microondas-a-trav%C3%A9s-de-WiFi-de-largo-alcance-y-fibra-%C3%B3ptica.html> [ 2018, 5 de marzo]

[2] Jaime, P. Z. (2014, junio). Diseño de una red de Acceso mediante Fibra Óptica. [En línea]. Disponible en: [http://oa.upm.es/33869/1/PFC\\_jaime\\_prieto\\_zapardiel.pdf](http://oa.upm.es/33869/1/PFC_jaime_prieto_zapardiel.pdf) [2018, 5 de marzo].

[3] Conceptos básicos de fibra óptica y tipos.[en línea] Disponible en <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/optral/cap2/fibra-5.htm> [ 2018, 8 de marzo]

[4]Wikipedia(2018,02). Conceptos básicos de enlaces de fibra óptica.[en línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_%C3%B3ptica#P%C3%A9rdida\\_en\\_los\\_cables\\_de\\_fibra\\_%C3%B3ptica](https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica#P%C3%A9rdida_en_los_cables_de_fibra_%C3%B3ptica). [2018, 20 de Abril]

[5] Jesús, G.C (2009,diciembre).Diseño e instalación de una red ftth. [En línea]. Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/8702> [2018, 13 de Mayo]

[6] The fiber association, inc. (2014) sistema de transmisión por fibra óptica. [en línea]. Disponible en: <http://www.thefoa.org/ESP/Sistemas.htm> [2018, 20 de Junio]

[7] conceptos básicos de fibra óptica [en línea]. Disponible en [https://www.seguridadaerea.gob.es/media/3785415/modulo05\\_cap10.pdf](https://www.seguridadaerea.gob.es/media/3785415/modulo05_cap10.pdf) [2018, 23 de Julio]

[8] FibreMex. (2018). Componentes de enlaces de fibra óptica.[en línea] disponible en: <https://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=contenido&id=3&t=3&st=17> [2018,13 de Agosto]

[9] Telpro.(2018) perdidas en enlaces de fibra óptica.[en línea].disponible en: <https://telpromadrid.eu/fibra-optica/> [2018,25 de Septiembre].



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

- [10] Jessica Torres, MSc. Carlos Vásquez [En línea]. Disponible en:  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5956/3/ARTICULO.pdf> [2019, 10 de febrero]
- [11] D. Camposano, L. Franco, W. Medina. Diseño de una red troncal en anillo de fibra óptica para el transporte de tráfico IP sobre MPLS entre las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca. [En línea]. Disponible en:  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2547/1/5023.pdf> [2019, 10 de febrero]
- [12] Davantel.(2019). Productos destacados de la fibra óptica.[en línea].disponible en: <https://www.davantel.com/switches-industriales-modular-multifunction.html> [ 2019, 15 de marzo]
- [13] Br. Víctor A., Contreras F.(Caracas, 2005). ENLACE DE FIBRA ÓPTICA COMO RESPALDO AL ANILLO SDH DE LA RED URBANA DE CANTV. [En línea]. Disponible en:  
<http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/12947/1/TEG%20COMPLETO.pdf> [2019, 10 de Abril].
- [14 Davantel.(2019). Productos de fibra óptica.[en línea]. Disponible en:  
[https://www.davantel.com/switchesindustriales.html?gclid=Cj0KCQiAtP\\_iBRDGARIsAEWJA8htWTbTe4ThGqDuuiJCqlylde\\_2kEsLiGci994gdIvvXUmtmaBZJUaAgkZEALw\\_wcB](https://www.davantel.com/switchesindustriales.html?gclid=Cj0KCQiAtP_iBRDGARIsAEWJA8htWTbTe4ThGqDuuiJCqlylde_2kEsLiGci994gdIvvXUmtmaBZJUaAgkZEALw_wcB) [2019, 10 de Mayo]
- [15] Fibra óptica hoy.(2013,04). [En línea]. Disponible en:  
<https://www.fibraopticahoy.com/blog/conectores-de-fibra-optica/> [2019,07 de junio].
- [16]Dismatel.(2019). Concepto de mufa.[en línea] Disponible en:  
<http://dismatel.net/es/producto/mufa-o-cierre-de-empalme-de-fibra-optica/> [2019, 10 de Julio)
- [17] SBE TECH(2019). Concepto de fibra optica monomodo de 12 hilos. [En Línea]. Disponible en: <http://sbetech.com/wp-content/uploads/2017/12/SBE-FOEXAR12SM.pdf> [2019, 10 de Agosto.]



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

- [18] Carlos Hazin.(2016, 04) Introducción a núcleos de red. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/CarlosHazin/introduccion-al-nucleo-de-las-redes-de-telecomunicaciones-core-networks> [ 2019, 09 de Septiembre]
- [19] Perle.(2019). Conceptos de transceptores ópticos. [En línea]. Disponible en: <https://www.perlesystems.es/products/sfp-optical-transceiver.shtml> [2019, 18 de Septiembre].
- [20] Pedro Ruesca. (2016, 09) Conceptos de radio enlace. [En línea]. Disponible en: <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/> [2019, 25 de septiembre].
- [21] (2019) Estudio de enlace. [En línea]. Disponible en: <https://link.ui.com/#> [2019, 15 de octubre].
- [22] Radwin.com (2019). Configuración de equipos Radwin. [En línea] Disponible en: <http://tools.radwin.com/planner/> [2019, 20 de Octubre]
- [23] Comunicaciones reunidas. (2019).[En línea]. Disponible en: <https://www.crsl.es/es/u-fiber/5247-ubiquiti-uf-olt-ufiberolt.html> [2019, 31 de octubre]
- [24] Pedro Ruesca. (2016, 09) Conceptos básicos de radio enlace.[En línea]. Disponible en: <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/> [2019, 07 de Noviembre].
- [25] Meltec. (2019). Diferentes productos de radios.[En línea]. Disponible en: <http://www.meltec.com.co/pdf/banda-ancha/pmp/radwin5000.pdf> [1] [2019, 17 de Noviembre].
- [26] Pedro Ruesca (2016, septiembre). Concepto básico de Radio enlace. [En línea]. Disponible en: <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/> [2020, 4 de febrero].
- [27] Sistema de Radio enlace [En línea]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=Sistema+de+radio+enlace&sxsrf=ACYBGNQfpYZJ5UDkARznqCXh4SWPxsR9Dg:1576105102103&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwje8\\_SF2a7mAhWxuFkKHTL8DFQQ\\_AUoAXoECA8QAw&biw=1280&bih=615#imgrc=xl3nWJbKhZszVM](https://www.google.com/search?q=Sistema+de+radio+enlace&sxsrf=ACYBGNQfpYZJ5UDkARznqCXh4SWPxsR9Dg:1576105102103&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwje8_SF2a7mAhWxuFkKHTL8DFQQ_AUoAXoECA8QAw&biw=1280&bih=615#imgrc=xl3nWJbKhZszVM): [2020, 4 de febrero].
- [28] Elaboración Propia.



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

[29] Conexión de punto a multipunto. [En línea]. Disponible en:

[https://www.google.com/search?biw=1280&bih=615&tbm=isch&sxsrf=ACYBGNQxgU9yMQZOS7NxFTyX8QY1qP9-sg%3A1576105309705&sa=1&ei=XXXxXdW\\_KqqG5wKe17PYCA&q=conexion+de+punto+a+multipunto&oq=conexion+de+punto+a+multi&gs\\_l=img.3.0.0i24.169465.176881..178026...0.0..0.405.3441.0j25j4-1.....0....1..gws-wiz-img.....35i39j0i67j0i131j0i8i30.Q1PR5g1MFtY#imgcr=qQ-XkODE8FsvAM:](https://www.google.com/search?biw=1280&bih=615&tbm=isch&sxsrf=ACYBGNQxgU9yMQZOS7NxFTyX8QY1qP9-sg%3A1576105309705&sa=1&ei=XXXxXdW_KqqG5wKe17PYCA&q=conexion+de+punto+a+multipunto&oq=conexion+de+punto+a+multi&gs_l=img.3.0.0i24.169465.176881..178026...0.0..0.405.3441.0j25j4-1.....0....1..gws-wiz-img.....35i39j0i67j0i131j0i8i30.Q1PR5g1MFtY#imgcr=qQ-XkODE8FsvAM:)  
[2020, 4 de febrero].

[30] (2006) Concepto Radwin. [En línea]. Disponible en:

<https://www.4gon.co.uk/radwin-indoor-unit-iduh-series-rw73012006-p-8713.html>  
[2020, 4 de febrero].

[31] Landatel. (2020) Información Radwin. [En línea]. Disponible en:

<https://www.landashop.com/discontinued/rwn-2250-d200ex.html> [2020, 4 de febrero].

[32] Intercompras. (2020) Características Switch CISCO 2960. [En línea].

Disponible en: <https://intercompras.com/p/switch-cisco-catalyst-puertos-puertos-sfp-combo-lan-base-35193> [2020, 18 de febrero].

[33] Jirous Antenas. (2020) Información Antenas. [En línea]. Disponible en:

<http://es.jirous.com/antena-17ghz/jrmb-1200-17> [2020, 18 de febrero].

[34] Wikipedia. (2020) Ondas de radio. [En línea]. Disponible en:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Ondas\\_de\\_radio](https://es.wikipedia.org/wiki/Ondas_de_radio). [2020, 15 de marzo].

[35] (2020) Estudio de enlace. [En línea]. Disponible en: <https://link.ui.com/#> [2020, 15 de marzo].

[36] Wikipedia. (2020) Información cable FTP. [En línea]. Disponible en:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Par\\_trenzado\\_blindado](https://es.wikipedia.org/wiki/Par_trenzado_blindado) [2020, 15 de marzo].

[37] Ubiquiti INC. (2020) Información UFiber OLT 4. [En línea]. Disponible en:

<https://store.ui.com/collections/operator-ufiber/products/ufiber-4-olt> [2020, 15 de marzo].

[38] Telecable. (2020) Información de Splitter. [En línea]. Disponible en:

<https://www.telecable.com/blog/splitter-de-fibra-optica/398> [2020, 15 de marzo].

[39] Perle. (2020) Información SFP. [En línea]. Disponible en:

<https://www.perlesystems.es/products/sfp-optical-transceiver.shtml> [2020, 25 de abril].



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

[40] Sopto. (2020) Características de Media converter [En línea]. Disponible en: [http://www.sopto.com.cn/sp\\_product/fiber\\_media\\_converter.html?gclid=Cj0KCQjwiYL3BRDVARIsAF9E4GcKoGrbh2hk--P\\_Ag61NHITDuGRnEJYfLJqjidM8ZyLSON8PCvK4xgaAkWUEALw\\_wcB](http://www.sopto.com.cn/sp_product/fiber_media_converter.html?gclid=Cj0KCQjwiYL3BRDVARIsAF9E4GcKoGrbh2hk--P_Ag61NHITDuGRnEJYfLJqjidM8ZyLSON8PCvK4xgaAkWUEALw_wcB) [2020, 6 de junio].

[41] Fibraopticahoy. (2020) Características ONT. [En línea]. Disponible en: <https://www.fibraopticahoy.com/blog/modelo-de-ont/> [2020, 6 de junio].

[42] Byspel (2016, agosto) Información de cisco packet tracer. [En línea]. Disponible en: <https://byspel.com/descarga-cisco-packet-tracer-6-0-1/> [2020, 22 de junio].

[43] Radwin LTD. (2013) Información Radwin. [En línea]. Disponible en: <https://www.winncom.com/docs/radwin/RADWIN2000-web.pdf> [2020, 22 de junio].

[44] Radwin LTD. (2016) Funcionamiento Radwin [En línea]. Disponible en: <http://www.ralco-networks.com/downloads/radwin-2000.pdf> [2020, 4 de julio].

[45] HyperLink. (2020) Funcionamiento de antenas [En línea]. Disponible en: <http://www.ds3comunicaciones.com/hypergain/HG4958DP-34D.html> [2020, 23 de octubre].

[46] TextosCientificos (2020) Cálculo de enlace de fibra óptica [En línea]. Disponible en: <https://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/calculo-enlace> [2020, 23 de octubre].

[47] VíaNica (2020, mayo) Información de punto geográfico de enlace. [En línea]. Disponible en: <https://vianica.com/sp/go/specials/25-laguna-de-apoyo-nicaragua.html> [2020, 3 de noviembre].

[48] Wikipedia (2020) Protocolos de comunicación [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Control\\_de\\_acceso\\_al\\_medio](https://es.wikipedia.org/wiki/Control_de_acceso_al_medio) [2020, 3 de noviembre].

[49] CommScope.G (2021).



# **ANEXOS.**



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

En el presente apartado se muestra algunos de las cotizaciones que se realizó en internet, también se muestra la encuesta que se realizó para poder determinar los limitantes en el sector de la laguna de apoyo granada y poder dar inicio al proyecto cumpliendo los objetivos planificados para dicha operación.

The screenshot shows the Amazon product page for a Ubiquiti Networks U-Fiber OLT GPON Terminal. The product is a black, rectangular device with multiple ports on the front. The page includes the following information:

- Product Title:** Ubiquiti Networks U-Fiber OLT GPON Terminal de línea óptica (UF-OLT)
- Brand:** Ubiquiti Networks
- Price:** US\$ 1,705.12 + US\$ 109.74 envío
- Specifications:** Marca: Ubiquiti Networks, Número de puertos: 8, Voltaje: 240 Voltios
- Shipping:** Llegar: mayo 11 - 19, Envío en 6 a 10 días.
- Buttons:** Agregar al Carrito, Comprar ahora

Figura Anexo No.1. Referencia de precio del OLT FTTH.

The screenshot shows the Amazon shopping cart page. The cart contains one item, and the subtotal is \$96.00. The page also shows a 'Your Browsing History' section with three items and a 'Sign in' button.

**Cart Summary:** Cart subtotal (1 item): \$96.00

**Your Browsing History:** View or edit your browsing history

**Sign in:** See personalized recommendations. New customer? Start here.

Figura Anexo No.2. Referencia de precio del ODF.



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

amazon Enviar a Nicaragua Todos splitter fiber 1:8

Herramientas y Mejoras del Hogar Los más Vendidos Ofertas y Ahorros Ideas de Regalos Herramientas Eléctricas y Manuales Lámparas y Ventiladores de Techo Accesorios de Cocina y Baño

Volver a resultados

Equipos de la fibra óptica de Lysee - modo óptico del divisor del PLC del ST UPC 1x8 con el conector del ST UPC para la caja del divisor óptico del PLC 1x8 del ST de FTTH

Marca: Lysee

Precio: **US\$ 23.99** + US\$ 4.99 envío

Tipo de conector: Optical  
Tipo de cable: Fiber Optic  
Marca: Lysee

**Sobre este artículo**

- Fibra óptica CATV. Fibra a casa (FTTH). Redes ópticas pasivas. Sistemas de comunicación de fibra.
- Red local Areal (LAN)
- Número de modelo: 1X8 PLC divisor de fibra óptica

US\$ 23.99 + US\$ 4.99 envío

Llega: mayo 20 - junio 11

Enviar a Nicaragua

Disponibile. La tramitación del pedido para los pedidos con este proveedor tarda 3 a 4 días más.

Cantidad: 1

Agregar al Carrito

Comprar ahora

Transacción segura

Envío desde: Regeek  
Vendido por: Regeek

Figura Anexo No.3. Referencia de precio del Splitters.

amazon Enviar a Nicaragua Todos fiber optic terminal box

Herramientas y Mejoras del Hogar Los más Vendidos Ofertas y Ahorros Ideas de Regalos Herramientas Eléctricas y Manuales Lámparas y Ventiladores de Techo Accesorios de Cocina y Baño

Volver a resultados

Lysee Fiber Optic Equipments - Cable-Tray Optic-Terminal-Box Fiber Outdoor 8-Core 8-Port Distribution-Box

Marca: Lysee

Precio: **US\$ 110.19** + US\$ 4.99 envío

- Connector type: Hybrid
- Fiber type: Single Mode
- Model number: HCF
- Storage temperature: Distribution Box
- Color: white

Ver los detalles del producto

US\$ 110.19 + US\$ 4.99 envío

Llega: mayo 20 - junio 11

Enviar a Nicaragua

Disponibile. La tramitación del pedido para los pedidos con este proveedor tarda 3 a 4 días más.

Cantidad: 1

Agregar al Carrito

Comprar ahora

Transacción segura

Envío desde: Regeek  
Vendido por: Regeek

Subtotal US\$ 119.99

Figura Anexo No.4. Referencia de precio de caja terminal.



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

The screenshot shows a product page for a fiber optic splice box. The product is titled "Equipos de fibra óptica de Lysee - Caja de empalme de fibra óptica de 24 núcleos 2 en 2 hacia fuera Caja de conexiones de fibra óptica impermeable al aire libre". The price is listed as US\$ 129.99 plus US\$ 4.99 shipping. The product is available for delivery between May 20 and June 11. The page includes a list of features such as excellent resistance to aging, protection against temperature changes, and a flame-retardant, water-resistant, and impact-resistant design. There are buttons for "Agregar al Carrito" and "Comprar ahora".

Figura Anexo No.5. Referencia de precio de caja de empalme.

The screenshot shows a product page for a 6-core fiber optic cable. The product is titled "Cable de fibra óptica interior/exterior de 6 fibras, monomodo...". The price is listed as US\$ 254.99. The product has a 5-star rating based on 16 reviews. The page includes a list of specifications such as "Tipo de cable: Fiber Optic", "Dispositivos compatibles: Server", "Color: Negro", and "Marca: CableWholesale". There is a button for "Agregar al Carrito" and a message indicating that the item cannot be shipped to the selected location.

Figura Anexo No.6. Referencia de precio de Cable de Fibra Óptica.



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

amazon Enviar a Nicaragua Todos

Todo Ofertas del Día Servicio al Cliente Tarjetas de Regalo Listas Vender

electrónica > Accesorios y Suministros > Accesorios de Imagen y Sonido > Cables > Cables para Audio > Cables Ópticos

Tripp Lite Cable Patch de Fibra Dúplex monomodo 8.3/125 (S 03M)

Visita la tienda de

Disponibles a t vendedores.

Tamaño: 3 metros

- 1 meter 21 opciones desde
- 2 meters 12 opciones desde
- 3 metros 17 opciones desde
- 5 meters

2 otras opciones ordenados por precio + entrega: de menor a mayor Filtro

Nuevo	US\$ 19 <sup>54</sup>	+ US\$ 22.39 envío	Llega: mayo 18 - 28	Agregar al Carrito
Envío por	Hot Deals 4 Less® Se envía desde Estados Unidos.			
Vendedor	Hot Deals 4 Less® ★★★★☆ (23618 calificaciones) 71% positivo en los últimos 12 meses			
Nuevo	US\$ 26 <sup>54</sup>	+ US\$ 199.95 envío	Llega: mayo 14 - 26	Agregar al Carrito
Envío por	Moon Tech Se envía desde Estados Unidos.			

Figura Anexo No.6. Referencia de precio de conector Sc.



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

### Encuesta sobre el uso y calidad de internet en la zona de la laguna

Buenos días / tardes/ noches.

Estamos realizando una investigación sobre nuevas tecnologías como propuesta de diseño de red FTTH (Fiber To The Home), agradeciendo de antemano por su tiempo y atención.

#### DATOS PERSONALES

Nombres y apellidos:

Encuestador:

Erick Danilo Arróliga Grijalva

Edad:

Años viviendo en la localidad:

#### DATOS DEL HOGAR

¿Cuántas personas viven en el hogar?

¿Cuántos ordenadores hay?

¿Cuántos de ellos son portátiles?

¿Tienen acceso a internet?

¿Cuál es el tipo de conexión? Marque con una X

Banda ancha por ADSL	<input type="checkbox"/>
Microondas	<input type="checkbox"/>
Fibra Óptica	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>



**ESTUDIANTES**

---

¿Cuántos?

Nivel académico:

¿Con que frecuencia lo utilizan? Marque con una X

Varias veces al día	<input type="checkbox"/>
Más de 4 por semana	<input type="checkbox"/>
De 1 a 4 veces por semana	<input type="checkbox"/>
Eventualmente	<input type="checkbox"/>

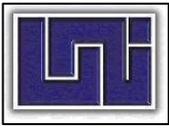
**Barreras**

---

¿Está conforme con el servicio? De no ser así, cual es la inconformidad:

Marque con una X (Respuesta múltiple)

Inestabilidad del servicio	<input type="checkbox"/>
Es muy caro	<input type="checkbox"/>
Velocidad de conexión lenta	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>



## Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.

De no estar conforme con el servicio de internet actual, ¿qué le impide cambiar de proveedor?

Marque con una X (Respuesta múltiple)

Falta de proveedores	<input type="checkbox"/>
Servicios de internet con costos elevados	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>
No lo necesitan	<input type="checkbox"/>

Gracias por su tiempo y atención.