



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE UNA RED GPON PARA EL EDIFICIO
EL REMANSO PUERTO CABELLO ESTADO
CARABOBO.**

Autores:

Alondra O. Chirinos C.

C.I.: 29.750.243

Fedor J. Madriz R.

C.I.: 27.393.421

Urb. Yuma II, calle N°3, Municipio San Diego

Teléfono: (0241) 8714240 (Master) - Fax: (0241) 87123



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES**

**PROPUESTA DE UNA RED GPON PARA EL EDIFICIO
EL REMANSO PUERTO CABELLO ESTADO
CARABOBO.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES.**

Autores: Alondra O. Chirinos C.
C.I.: 29.750.243
Fedor J. Madriz R.
C.I.: 27.393.421

Tutor: Ing. Oligier Mendoza

San Diego, Agosto 2021



UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ
 COORDINACION DE PASANTIAS Y TRABAJO DE GRADO
 FACULTAD DE INGENIERIA

ACTA DE APROBACION DEL INFORME DE PASANTIA O
 TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Propuesta de una Red GPON para edificio "El Romano"
Puerto Cabello

Realizado por el (la) Br. Alondra Chirinos

C.I. N° 29750243, cursante de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que reúne los méritos suficientes para su aprobación asignándole la CALIFICACION DEFINITIVA D^{istinta} Verde (23) PUNTOS

El Jurado

P/ [Signature] (C.I. No. 10738614)
 Tutor académico (coordinador)
 Nombre: Oliver Mendoza
 C.I. 16755513

P/ [Signature]
 Jurado (1)
 Nombre: Alex Páez
 C.I. 8.667.379 / Gilberto Vique
26116374

[Signature]
 Jurado (2)
 Nombre: José Villalobos
 C.I. 24193852

Fecha: 08/09/2021

PARA SER LLENADO POR LA COORDINACIÓN DE PASANTIA Y TRABAJO DE GRADO

Se resguarda Original del Acta de Aprobación para ser radicada en la subvencía Académica

Nombre del Graduando:

C.I.

Fecha

[Signature]
 Coordinación de Pasantía y Trabajo de Grado

SEMESTRE 2021-1er



UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ
 COORDINACION DE PASANTIAS Y TRABAJO DE GRADO
 FACULTAD DE INGENIERIA

ACTA DE APROBACION DEL INFORME DE PASANTIA O
 TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Propuesta de una Red GPON para edificio "El Remanso"
Puerto Cabello

Realizado por el (la) Br. Federico Madrid

C.I. N° 27393421, cursante de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones hace constar después de analizar su contenido y oír la exposición oral, considera que reúne los méritos suficientes para su aprobación asignándole la CALIFICACION DEFINITIVA D^{no} Buena (70 PUNTOS)

El Jurado

P. Villaverde (José Antonio 10738214)

Tutor académico (coordinador)

Nombre: Oliverio Méndez

C.I. 16755513

31 [Signature]

Jurado (1)
 Nombre: Ayod Juanita
 C.I. 8.667.373

Gilberto V.
26116374

[Signature]

Jurado (2)

Nombre: José C. Villaverde

C.I. 24193856

Fecha: 08/04/2021

PARA SER LLENADO POR LA COORDINACIÓN DE PASANTIA Y TRABAJO DE GRADO

He recibido el Original del Acta de Aprobación para ser colocada en la subsección Académica

Nombre del Graduando:

C.I.

Fecha:

[Signature]
 Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado

SEMESTRE: 2021-1072



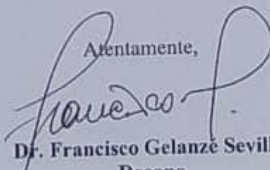
FI-T-004-2021-ICR (IG)

Valencia, 21 de julio de 2021

Ciudadanos:
Chirinos Carrera, Alondra Orianny.
Cl. 29.750.243
Madriz Romero, Fedor Jesús
Cl. 27.393.421
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2021 de fecha 25-05-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **PROPUESTA DE UNA RED GPON PARA EDIFICIO "EL REMANSO", PUERTO CABELLO**, presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones.

Se ratifica la designación de la Ing. Oliger Mendoza C.I: 16.755.513 como Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.
Decano



c.e. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado.

GF/aa



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Oliger Mendoza, titular de la cédula de identidad V-16.775.513 en mi carácter de tutor del trabajo presentado por los ciudadanos Fedor J. Madriz R. C.I.: 27.393.421 y Alondra O. Chirinos C. C.I.: 29.750.243, titulado **PROPUESTA DE UNA RED GPON PARA EL EDIFICIO EL REMANSO PUERTO CABELLO ESTADO CARABOBO** presentado como requisito parcial para optar al título **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**, acepto la tutoría del mencionado proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación, según las condiciones de la Coordinadora de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes reglamentos.

En San Diego, a los 5 días del mes de Agosto del dos mil veintiuno.

Ing. Oliger Mendoza

C.I. V- 16.775.513

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pg
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO	
I EL PROBLEMA.....	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema	5
1.3 Objetivos de la investigación	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Alcance de la investigación.....	6
II MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Bases Teóricas.....	9
2.2.1 Red de comunicaciones.....	9
2.2.2 Tipos de red.....	9
2.2.2.1 Por su extensión	9
2.2.2.2 Por su topología.....	11
2.2.2.3 Por su conexión física	12

2.2.2.4 Redes según la direccionalidad de los datos	13
2.2.3 Modelo OSI.....	15
2.2.3.1 La capa de aplicación.....	16
2.2.3.2 La capa de presentación	17
2.2.3.3 La capa de sesión	18
2.2.3.4 La capa de transporte	19
2.2.3.5 La capa de red	20
2.2.3.6 La capa de enlace de datos	20
2.2.3.7 La capa física.....	20
2.2.4 Medios de Redes de Comunicación	21
2.2.4.1 Medios guiados	21
2.2.4.2 Medios no guiados	24
2.2.5 Fibra Óptica.....	28
2.2.6 Partes de la fibra óptica.....	29
2.2.6.1 El núcleo (core)	29
2.2.6.2 El revestimiento (cladding).....	29
2.2.6.3 El recubrimiento (coating)	29
2.2.7 Historia de la Fibra Óptica	30
2.2.8 Tipos de Fibra Óptica.....	31
2.2.8.1 Las fibras ópticas Multimodo.....	31
2.2.8.2 Las fibras ópticas Monomodo.....	32
2.2.9 Red GPON	33
2.2.9.1 Características principales de una red GPON	33

2.2.9.2 Descripción del estándar GPON	33
2.2.10 Elementos de la red GPON	35
2.2.10.1 Equipo Terminal Óptico (OLT)	36
2.2.10.2 Red Feeder	37
2.2.10.3 Armario de GPON (FDH).....	37
2.2.10.4 Splitter	37
2.2.10.5 Red de Distribución Óptica (ODN).....	38
2.2.10.6 Red de Distribución.....	39
2.2.10.7 Caja de Distribución Óptica (NAP)	39
2.2.10.8 Red de Dispersión	39
2.2.10.9 Roseta Óptica	40
2.2.10.10 Terminal de Red Óptica (ONT)	40
2.4 Definición de Términos Básicos	43
III MARCO METODOLÓGICO	45
3.1 Tipos de Investigación.....	45
3.2 Diseño de la Investigación	45
3.3 Nivel de la investigación.....	46
3.4 Población y Muestra.....	46
3.4.1 Población.....	46
3.4.2 Muestra.....	47
3.5.2 Instrumentos de Recolección de Datos	48
3.8 Fases de la Investigación.....	48
IV RESULTADOS	50

4.1 Fase I. Diagnóstico de la situación actual de comunicación en el edificio El Remanso Puerto Cabello estado Carabobo.....	50
4.1.2 Resultados de las Encuestas	58
4.2 Fase II. Determinación de los requerimientos para la red de comunicaciones. 65	
4.3 Fase III. Diseño de una red GPON para el edificio El Remanso Puerto Cabello estado Carabobo.	69
4.3.1 Recomendaciones para el diseño de una red GPON según el fabricante Ubiquiti	70
4.3.1.1 Atenuación	71
4.3.1.2 Cálculo de niveles de potencia.....	73
4.3.1.3 Planificación de la capacidad frente a la cantidad de clientes	73
4.3.1.4 Planificación con Splitters.....	73
4.3.2 Plan de instalación de Fibra Óptica.....	75
4.3.3 Calculo de pérdidas del enlace	83
4.3.4 Verificar el margen del sistema.....	87
4.4 Fase IV: Evaluación de la factibilidad Técnico, Operativa, Económico, Social y Ambiental de la residencia El Remanso.....	88
4.4.1 Factibilidad económica	89
4.4.1.1 Costos.....	89
4.4.1.2 Presupuesto del personal	90
4.4.2 Factibilidad operativa.....	92
4.4.3 Factibilidad técnica	93
4.4.2 Factibilidad Social.....	93
4.4.3 Factibilidad Ambiental.....	94
CONCLUSION.....	95

RECOMENDACIONES.....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pg
1 Redes LAN.....	10
2 Redes MAN.....	10
3 Redes WAN.....	11
4 Tipos de red por su topolo.....	12
5 Enlace punto a punto.....	12
6 Red Multipunto.....	13
7 Simplex.....	13
8 Semi-Duplex.....	14
9 Full-duplex.....	15
10 Modelo de capas OSI en orden descendente.....	16
11 Encabezado añadido en cada capa	17
12 Funcionamiento de la Capa de sesión.....	18
13 Cable par trenzado UPT categoría 5.....	21
14 Par trenzado blindado.....	22
15 Cable coaxial.....	23
16 Espectro electromagnético.....	24
17 Microondas terrestres.....	26
18 Comunicaciones por satélite.....	27
19 Sistema celular.....	28
20 Partes de la fibra óptica	30
21 Fibras multimodo y monomodo.....	31
22 Diferencia de multimodo y monomodo.....	32
23 Elementos de red GPON.....	36
24 Equipo Terminal Óptico (OLT).....	36
25 Armario de GPON (FDH).....	37
26 Splitter.....	38

27	Caja de Distribución Óptica (NAP).....	39
28	Roseta Óptica.....	40
29	Terminal de Red Óptica (ONT).....	41
30	Urbanización Rancho Grande.....	51
31	Cuadra del Edificio “El Remanso” Puerto Cabello.....	52
32	Poste donde llega la línea de cobre de CANTV.....	53
33	Alcantarilla que canaliza la línea de cobre de CANTV.....	54
34	Cuarto de Tableros del edf. El Remanso.....	55
35	Armario de distribución CANTV en edf. El Remanso.....	56
36	Topología Básica GPON.....	71
37	Planeación de Red de Distribución Óptica.....	74
38	Recorrido completo desde la OLT hasta el edificio.....	77
39	Recorrido desde la manga hasta el splitter en el edificio.....	78
40	Recorrido dentro del edificio hasta el Splitter.....	79
41	Recorrido en piso (1 - 7) hasta cada apartamento.....	80
42	Recorrido hasta un apartamento.....	80
43	Vista 3D de la acometida de vertical desde el exterior del Edificio.....	81
44	Vista 3D del recorrido en cada piso del Edificio.....	81
45	Diagrama del recorrido total hasta cada piso.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	Pg
1 Comparativa entre estándares PON.....	35
2 Norma ITU-T G 984.x.....	34
3 Estándares GPON.....	35
4 Pérdidas por inserción de los splitters.....	38
5 Ancho de banda Digitel según hora del día en Edificio El Remanso.....	52
6 Comparación de alternativas.....	66
7 Recomendaciones del Fabricante.....	74
8 Representación de símbolos.....	75
9 Longitud de la FO hasta cada piso del Edificio.....	82
10 Elementos de la red y sus cantidades.....	82
11 Pérdidas por longitud de FO (Downstream).....	83
12 Pérdidas por elementos de la red GPON.....	83
13 Cálculo de Pérdidas y potencia recibida (Downstream).....	84
14 Pérdidas por longitud de FO (Upstream).....	85
15 Cálculo de Pérdidas y potencia recibida (Upstream).....	86
16 Rango Aceptable de potencia recibida.....	87
17 Cálculo del margen del Sistema.....	88
18 Lista de materiales.....	89
19 Costo de mano de obra.....	90
20 Tabla de Conceptos del personal.....	90
21 Costo Total del Proyecto.....	91
22 Costo por apartamento.....	92

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICAS	Pg
1 Grafica 1.....	58
2 Grafica 2.....	59
3 Grafica 3.....	59
4 Grafica 4.....	60
5 Grafica 5.....	60
6 Grafica 6.....	61
7 Grafica 7.....	62
8 Grafica 8.....	62
9 Grafica 9.....	63
10 Grafica 10.....	63
11 Grafica 11.....	64



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES**

**PROPUESTA DE UNA RED GPON PARA EL EDIFICIO
EL REMANSO PUERTO CABELLO ESTADO
CARABOBO.**

Autor: Fedor Madriz, Alondra Chirinos.

Tutor: Ing. Oliger Mendoza.

Fecha: Agosto 2021.

RESUMEN

Gracias a la evolución de las telecomunicaciones, podemos comunicarnos con personas al otro lado del mundo en cuestión de segundos, tenemos acceso a una inmensa cantidad de información en la palma de nuestra mano, por medio de la llamada red de redes o simplemente internet. A pesar de no tener mucho tiempo, muchas personas se han vuelto muy dependientes de esta red, para estudios, trabajo, entretenimiento, entre otros. Debido a la pandemia que ocasiono el COVID-19 a comienzos del año 2020, la mayor parte de las personas en el mundo se pusieron en cuarentena y se confinaron en sus casas. Esta cuarentena llevo a una mayor demanda por parte de las personas de acceso a internet, de altas velocidades de descarga de datos y mayores anchos de banda. La infraestructura de redes de muchos países no estaba preparada para esta gran demanda, ya que al ser de tecnología xDSL, no satisface la gran demanda actual. En este proyecto se ofrece el diseño de una Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit, la cual es capaz de satisfacer la demanda actual para un mayor número de usuarios en el edificio El Remanso Puerto Cabello Estado Carabobo. La investigación se enmarco dentro de un proyecto factible, sustentado en un diseño de campo, contando con un nivel descriptivo.

Descriptor: Sistema de Telecomunicaciones, Fibra Óptica, Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON).

INTRODUCCIÓN

En la actualidad vivimos en un mundo conectado, dónde las fronteras que separaban a los países fueron rotas, y es posible la comunicación en tiempo real con personas al otro lado del mundo, esto ha Sido gracias a las investigaciones científicas que dieron pie a avances tecnológicos que además de facilitar la vida del ser humano, abre puertas a infinidad de aplicaciones y posibilidades de seguir innovando. El internet es la red más grande del mundo, y su uso ha pasado de ser un simple entretenimiento, a una necesidad por la gran mayoría de la población.

Gracias a la fibra óptica, se han podido conectar países y continentes a esta red, intercambiando cada segundo información a la velocidad de la luz, por lo que la inversión de los países y empresas en estas redes es muy importante para el desarrollo de su población. Las redes FTTH (fibra hasta el hogar) son una de las mejores soluciones para que el ciudadano tenga acceso a esta gran red que nos conecta con el resto del mundo, y que es de gran utilidad para estudios, trabajo, entretenimiento, entre muchas otras aplicaciones que se han vuelto lo cotidiano para una gran parte de la población. Uno de los estándares del acceso a internet mediante fibra óptica es GPON (Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit), que es en el que se hace referencia en esta investigación, permite la conexión mediante fibra óptica a los usuarios, con anchos de banda superiores a 1 Gbps, lo cual brinda una conexión estable y optima a internet.

El presente trabajo de investigación está estructurado en cuatro capítulos, con el fin de cumplir las normativas establecidas por la Universidad José Antonio Páez, dichos capítulos se describen a continuación:

En el Capítulo I, se plantea el problema, los objetivos de la investigación y la justificación, como también el alcance y limitaciones, el Capítulo II, Marco Referencial, se presentan antecedentes, las bases y definen los términos básicos empleados.

Seguidamente, en el Capítulo III, Marco Metodológico, se establece la modalidad de investigación el cual se enmarco como proyecto factible, considerando el tipo de investigación descriptiva y documental población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y análisis de datos. Por otra parte, en el Capítulo IV fases de la investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

La tecnología más usada para tener acceso a internet en Venezuela ha sido xDSL, gracias a su aprovechamiento de las líneas telefónicas ya existentes de cobre, el cual ofrece un ancho de banda que para la época y el número de usuarios que lo solicitaban, era suficiente. Con la tecnología xDSL (como ADSL, ADSL2, VDSL, etc...) se ha podido tener acceso a internet de buena calidad con planes de descarga relativamente aceptables que para un número de usuarios determinado ha funcionado bien, sin embargo, la demanda por parte de los usuarios de un mayor ancho de banda ha ido creciendo con el paso de los años; esto ha ocasionado fallas en el servicio, cortes repentinos, velocidades más bajas y en muchos casos, la ausencia total del servicio de internet, en Venezuela.

El confinamiento de la gran mayoría de las personas en todos los países por motivos de la pandemia del COVID-19, ha ocasionado que no tengan un contacto directo, por lo tanto, se ven atraídos a las interacciones a través de redes sociales. Al ser continuo el confinamiento, provoca que estos largos tiempos en casa sean aburridos, por lo cual un gran número de usuarios han buscado entretenimiento en plataformas de transmisión de contenido multimedia. Al no poder salir de los hogares, muchos han conseguido formas de trabajar desde casa a través de sus computadoras y teléfonos inteligentes; de igual forma las escuelas y universidades han conseguido soluciones mediante plataformas de estudio digitales que permiten a los estudiantes estar conectados con los profesores y seguir avanzando en el contenido de las clases. Toda esta cantidad de personas demandando conexión a datos para sus distintos usos y necesidades ha provocado un colapso de los proveedores de internet.

El año 2020 ha sido el de mayor demanda de banda ancha por un mayor número de usuarios lo cual ha saturado los proveedores de internet en muchos países; y es por la necesidad de entretenimiento, trabajo y estudio desde casa de las masas, lo que ha generado este colapso, lo cual deja la tecnología xDSL obsoleta.

En el edificio El Remanso, se sabe que hay ausencia casi total de los servicios de acceso a internet que brinda la operadora CANTV, y dado que el acceso a la red se ha vuelto una necesidad, se ven obligados a recurrir a operadoras de telefonía celular o servicios de internet privados, los cuales tienen altos costos. En el caso de las operadoras de telefonía, son limitadas para la carga y descarga de datos, además de tener un reducido ancho de banda. Para los servicios de internet privados, tienen altos costos de instalación y rentas mensuales para anchos de banda relativamente aceptables. En el Cuadro 1 se puede ver una comparación de los gastos mensuales que genera el uso de estos 3 servicios.

Cada apartamento viven en promedio 4 personas; cada persona consume en promedio 20GB al mes, es decir que el consumo total por apartamento es de aproximadamente 80GB. Actualmente el precio del uso de datos de la operadora Digitel es de aproximadamente 2700 Bs por cada MB, o 2.700.000 Bs por GB.

Tabla 1: Comparativa de precios entre proveedores de Internet.

	Digitel	Servicio Privado	ABA+ CANTV
Ancho de Banda	2 Mbps Aprox.	4 Mbps	50 Mbps
Instalación	15\$ (Precio de la línea)	250\$	100\$
Consumo mensual	80 GB	80GB (ilimitado)	80GB (ilimitado)
Renta Mensual	70\$	45\$	16\$

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

Algunos residentes del edificio el Remanso han optado por el servicio privado ya que como podemos ver, que a largo plazo ofrece mejores precios frente a Digitel, pero debido a sus altos precios de instalación, se unen varios vecinos para contratar el servicio y se dividen tanto los gastos como el ancho de banda; por lo tanto los 4 Mbps

disminuyen a 2 Mbps o 1.33 Mbps por apartamento, dependiendo de la cantidad de vecinos aliados. Sin embargo el costo sigue siendo muy elevado y el ancho de banda muy bajo para el aproximado de 4 personas por apartamento.

1.2 Formulación del Problema

Del problema que se ha planteado anteriormente surge la siguiente interrogante:

¿De qué manera se pueden mejorar las condiciones de comunicación de datos en el edificio El Remanso en Puerto Cabello estado Carabobo?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Proponer una Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) para el edificio El Remanso Puerto Cabello estado Carabobo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar de la situación actual de comunicación de datos en el edificio El Remanso Puerto Cabello estado Carabobo.
- Determinar los requerimientos para la red de comunicaciones.
- Diseñar de una red GPON para el edificio El Remanso Puerto Cabello estado Carabobo.
- Evaluar la factibilidad Técnico, Operativa, Económico, Social y Ambiental de la residencia El Remanso.

1.4 Justificación

Las redes GPON están siendo implementadas mundialmente con éxito; la solución de redes ópticas pasivas, permite acceso a internet con capacidad de Gigabit compartido por los abonados residenciales y pequeñas oficinas en topología FTTH (fibra hasta el hogar) y FTTN (fibra hasta el nodo). Los diferenciales tecnológicos como una red de acceso totalmente óptica y los componentes ópticos pasivos (splitters ópticos) aplicados en la red externa, disminuyen considerablemente los costos operativos. Gracias a esto, es un proyecto económicamente factible a largo

plazo ya que no implica costos tan elevados; las redes ópticas permitirán usos de nuevos estándares que se esperan para el futuro como lo es 10GPON, reutilizando las fibras ya disponibles, lo cual genera muchos ahorros. Gracias a la aplicación de estas tecnologías de amplio ancho de banda, se tiene mayor alcance y de mayor velocidad a contenidos que en estos tiempos son difíciles de conseguir, por motivos de la pandemia y cuarentena que vivimos en la actualidad, tales como aulas virtuales, clases en línea, entre muchos otros materiales educativos, los cuales promoverían un gran avance educativo, tecnológico y social. Por motivos de los altos costos de los planes de datos de las operadoras móviles muchos estudiantes y profesores se ven muy limitados a la hora de descargar y cargar contenido de internet, mas con el amplio ancho de banda de las redes GPON y baja latencia de la fibra óptica, permite acceso mucho menos limitado, y abre el paso a más posibilidades de crecimiento y conocimientos que benefician en muchas más áreas a la sociedad.

1.5 Alcance de la investigación

El alcance de este proyecto está enfocado en el diseño de una red que permita el acceso a internet de mayor velocidad y por menores costos para los usuarios de la residencia El Remanso, y que por las características de la tecnología GPON, la posibilidad de un mayor alcance y mayor capacidad para extender esta red a otros suscriptores en diferentes residencias de la localidad. Esto permitirá una mayor calidad de los servicios a los que se puede acceder mediante internet y de las posibilidades que esta permite como lo son el estudio y el trabajo realizado desde los hogares.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Castro R. (2019) en su trabajo de grado **“Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martín de Porres”**, que tuvo lugar en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas en El Perú, para optar por el título profesional de ingeniero en redes y comunicaciones, el cual tuvo como objetivo recopilar información y determinar las ubicaciones críticas que requieren ser cubiertas por videocámaras de seguridad. En él, se busca diseñar una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martín de Porres, dada la necesidad de tener una arquitectura de red de fibra óptica; además, de contar con un medio de transmisión confiable para las videocámaras a desplegarse en el distrito.

Este proyecto se enmarca en las mejoras a las arquitecturas de red de tipo MAN como es el estándar GPON de tipo FTTH (Fibra hasta el hogar) que es capaz de cubrir grandes distancias sin necesidad de usar repetidores de señal y/o amplificadores, y que además de eso, ofrece un ancho de banda de transmisión de gran envergadura, que proporciona confiabilidad para la transmisión y procesamiento de información que generen las videocámaras de seguridad. Asimismo, cabe mencionar que actualmente, dicho estándar viene siendo implementado por operadores de telecomunicaciones que brindan servicios a través de un solo medio de transmisión que les ofrezca un ancho de banda. Esta investigación aporta información sobre los elementos utilizados en la red FTTH y algunos conceptos descritos en el marco teórico ya que por implementar el mismo estándar de conexión, el cual es GPON, son utilizados los mismos elementos.

Así mismo, Pachas M. (2018) en su trabajo de grado **“Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el**

distrito de El Agustino” presentado en la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), como requerimiento para obtención del título profesional en Ingeniería de las Telecomunicaciones. Perú. Desarrollan el diseño de una red de Fibra óptica hasta el hogar (FTTH) basada el estándar GPON para su capacidad de crecimiento, comparativa con otras tecnologías, sus virtudes y desventajas, además de su impacto. Complementando con la investigación de Panchas, para este trabajo de grado, abarca cada criterio para Diseño de una red GPON para Edificio “El Remanso”, Puerto Cabello. Cabe destacar que el desarrollo de esta investigación solo conformara el diseño de la red GPON en la arquitectura FTTH ya que se adapta la inspección del terreno.

Por último, Becerra G. (2019) en su trabajo de grado **“Sistema de telecomunicaciones con tecnología GPON para el restablecimiento del servicio de la zona industrial el Recreo de flor amarillo del municipio Valencia estado Carabobo.”** en la Universidad José Antonio Páez (UJAP) en Venezuela, para optar por el título profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones, el cual se propone un diseño que permita las mejoras tecnológicas para el acceso del internet en la Zona Industrial EL RECREO de Flor Amarillo de la ciudad de Valencia edo. Carabobo, y sus alrededores con un alcance de más de cinco kilómetro desde el centro de trabajo Flor Amarillo. En esta gama las líneas de investigación se basan en un trabajo de tipo campo, descriptivo y de diseño no experimental, actualmente se posee un índice de vandalismo en las redes telefónicas de CANTV dejando inoperativos todos los servicios de comunicación, por lo cual hay la necesidad de restablecer los servicios sustituyendo la red de cobre por una red pasiva de fibra óptica llamada red GPON en la cual se va a disminuir el índice de vandalismo por el cableado sustituido, optimizando las mejoras del servicio y la capacidad de alcance al territorio estudiado.

En este trabajo podemos tener como aporte y referencia algunos puntos del marco metodológico tales como las técnicas e instrumentación de la investigación, ya que es un tema bastante similar, y se trabaja con el mismo

proveedor de servicio CANTV, por lo tanto las técnicas, instrumentación y metodología tiene bastantes similitudes que son de aporte a esta investigación.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Red de comunicaciones

Una red de comunicaciones es un conjunto de medios técnicos que permiten la comunicación a distancia entre equipos autónomos. Normalmente se trata de transmitir datos, audio y vídeo por ondas electromagnéticas a través de diversos medios (aire, vacío, cable de cobre, fibra óptica, etc.). La información se puede transmitir de forma analógica, digital o mixta, pero en cualquier caso las conversiones, si las hay, siempre se realizan de forma transparente al usuario, el cual maneja la información de forma analógica exclusivamente.

Una red es un conjunto de dispositivos (a menudo denominados nodos) conectados por enlaces de un medio físico, ya sea guiado (cables), o no guiados (de conexión inalámbrica). Un nodo puede ser una computadora, una impresora o cualquier otro dispositivo capaz de enviar y/o recibir datos generados por otros nodos de la red.

2.2.2 Tipos de red

Las redes se pueden clasificar de diferentes maneras. Las principales clasificaciones son:

2.2.2.1 Por su extensión

- Redes de Área Local (LAN)

Una LAN (ver figura 1) es una red que conecta los ordenadores en un área relativamente pequeña y predeterminada (como una habitación, un edificio, o un conjunto de edificios). Las LAN's más conocidas son Ethernet a 10Mb/s, la IEEE 802.5 o Token Ring a 4 y a 16 Mb/s, la FDDI a 100 Mb/s. Este tipo de redes permanecen prácticamente sin cambios desde los ochenta.

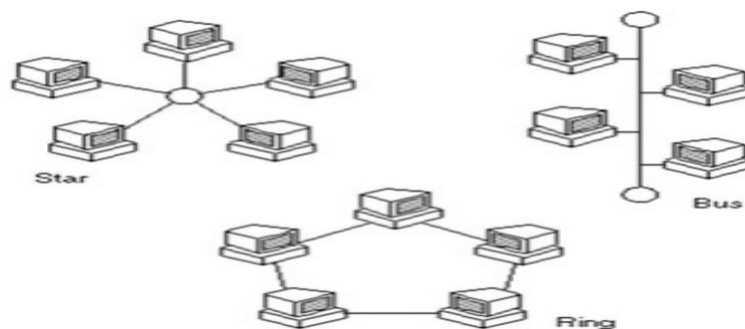


Figura 1: Redes LAN (computacionunouah.blogspot.com).

- Redes de Área Metropolitana (MAN)

Las redes de área metropolitana (ver figura 2) comprenden una ubicación geográfica determinada "ciudad o municipio" y su distancia de cobertura es mayor de 4 Km. Son redes con dos buses unidireccionales, cada uno de ellos es independiente del otro en cuanto a la transferencia de datos. Un caso de éxito de redes tipo MAN son las redes CATV o redes de televisión por cable. Al principio eran sistemas de carácter local con fines específicos, posteriormente, tras el impulso que supusieron para el desarrollo de importantes negocios de difusión, se inicia el cableado de ciudades enteras bajo concesión de los gobiernos. Con la llegada del internet, los operadores de las redes se dieron cuenta de que con algunos cambios en el sistema, podrían también proporcionar este servicio.

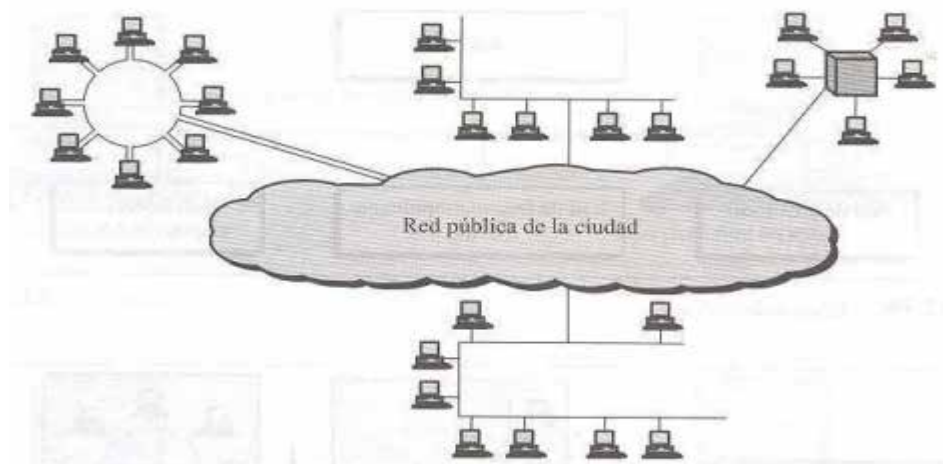


Figura 2: Redes MAN (Forouzane, 2007).

- Redes de Área Extensa (WAN)

Una red de área amplia (ver figura 3) puede ser descrita como un grupo de redes individuales conectadas a través de extensas distancias geográficas. Los componentes de una red WAN típica incluyen:

- Dos o más redes de área local (LANs) independientes.
- Routers conectados a cada LAN.
- Dispositivos de acceso al enlace (Link access devices, LADs) conectados a cada router.
- Enlaces inter-red de área amplia conectados a cada LAD.

Estas redes se caracterizaban por su lentitud, coste y alta tasa de errores, pero con la aparición de la fibra óptica y de las líneas digitales en las infraestructuras de las compañías portadoras, se ha conseguido reducir estas malas características de forma considerable.



Figura 3: Redes WAN (Forouzane, 2007).

2.2.2.2 Por su topología

La topología de una red es el diseño de las comunicaciones entre los nodos de la red (ver figura 4). Las topologías principales son tipo bus, estrella o anillo aunque existen más topologías.

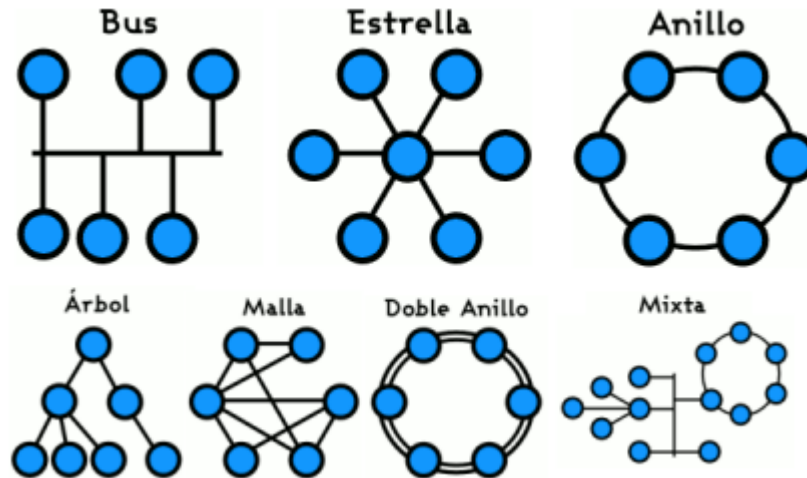


Figura 4: Tipos de red por su topología (Forouzane, 2007).

2.2.2.3 Por su conexión física

- Redes punto a punto (unicast): Es aquella que proporciona un enlace dedicado entre dos dispositivos, reservando toda la capacidad del canal para la transmisión entre estos dos elementos. Estas redes, por lo general, están conectadas por cable, pero también es posible la conexión vía microondas.



Figura 5: Enlace punto a punto (Hillar, 2009)

- Redes multipunto o redes de difusión (broadcast): Es una configuración en la que varios dispositivos comparten el mismo enlace y la capacidad de transmisión del canal en el espacio o el tiempo. Si los dispositivos pueden usar el enlace de forma simultánea se dice que hay una configuración de línea

compartida espacialmente, pero si tienen que compartir la línea por turnos se trata de una configuración de tiempo compartido.

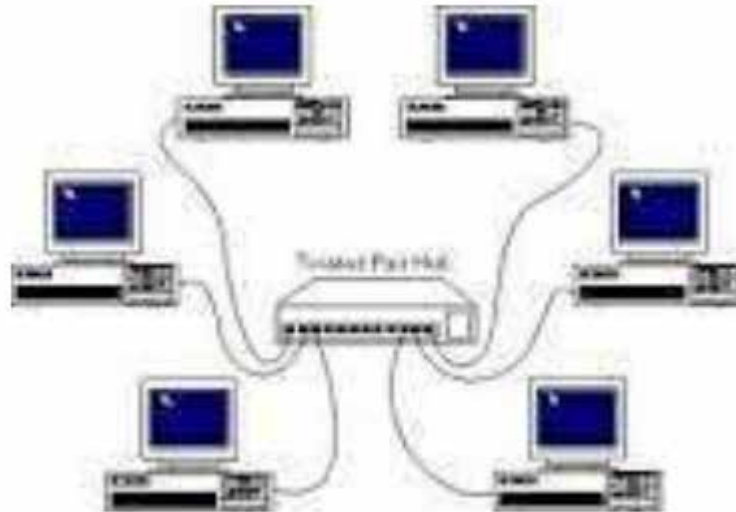


Figura 6: Red Multipunto (rodriguezfranco.blogspot.com)

2.2.2.4 Redes según la direccionalidad de los datos

- Simplex: la comunicación es unidireccional, como en una calle de sentido único, de forma que una de las dos estaciones de enlace puede transmitir y el otro solo recibir.

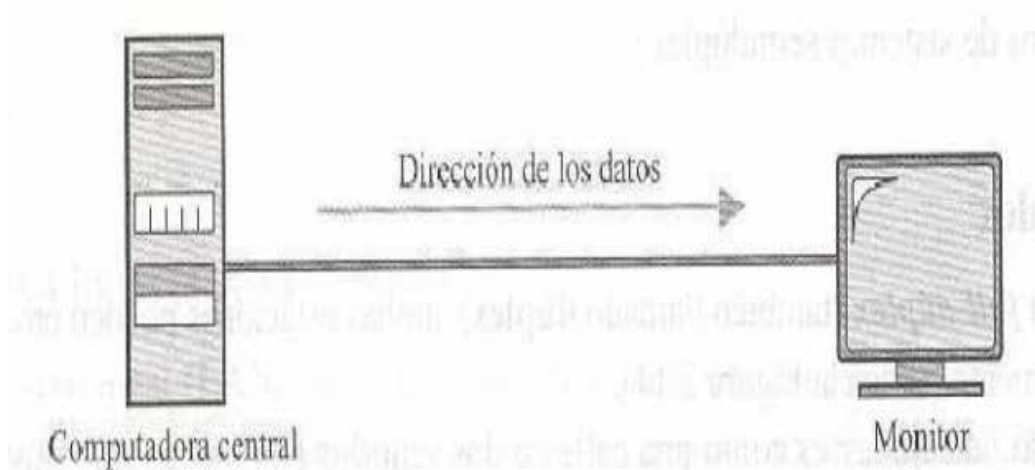


Figura 7: Simplex (Forouzane, 2007)

- **Semi-Dúplex:** En este caso cada estación puede tanto enviar como recibir, pero no al mismo tiempo. Así, cuando un dispositivo está enviando, el otro solo puede recibir y viceversa. La capacidad total del canal es usada por aquel de los dispositivos que está transmitiendo. Los walkie-talkies son un ejemplo de estos sistemas.

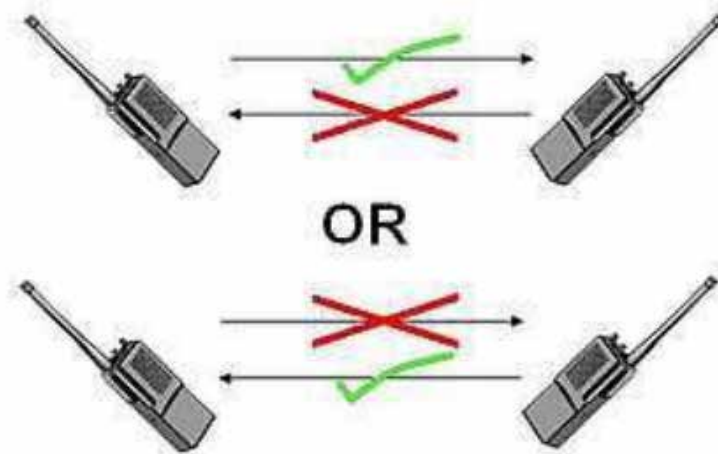


Figura 8: Semi-Duplex (es.wikipedia.org)

- **Full-Dúplex:** También llamado Dúplex, es un modo donde ambas estaciones pueden enviar y recibir simultáneamente. En el modo Full-Dúplex, las señales que van en cualquier dirección deben compartir la capacidad del enlace. Este reparto se puede dar de dos maneras: o bien el enlace tiene que tener caminos de transmisión físicamente separados, uno para enviar y otro para recibir, o es necesario dividir la capacidad del canal entre las señales que viajan en direcciones opuestas. Un ejemplo de este sistema es la red telefónica. Cuando dos personas están hablando por teléfono, ambas pueden hablar y escuchar al mismo tiempo.

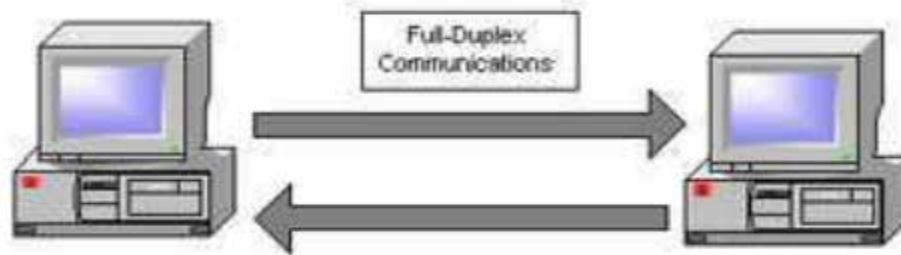


Figura 9: Full-duplex (emagister.com)

2.2.3 Modelo OSI

Las capas del modelo OSI describen el proceso de transmisión de datos dentro de una red. Las dos únicas capas del modelo con las que, de hecho, interactúa el usuario son la primera capa, la capa física, y la última capa, la capa de aplicación.

La Figura 10 presenta la estructura de capas que conforman el modelo OSI de arriba abajo. La pirámide invertida es uno de los modos que mejor ilustran la estructura de este modelo, en el que los datos con un formato bastante complejo pasan a convertirse en una secuencia simple de bits cuando alcanzan el cable de la red. Como verá, las capas vienen numeradas de abajo arriba, cuando lo lógico sería que vinieran numeradas de arriba abajo. Éste es el sistema adoptado y, de hecho, muchas veces se alude al mismo para referirse a una de las capas de la red. Pero, tanto si se usa el nombre como el número, lo importante es que recuerde siempre el papel que, desarrollan cada una de las capas en el proceso global de transmisión de los datos.

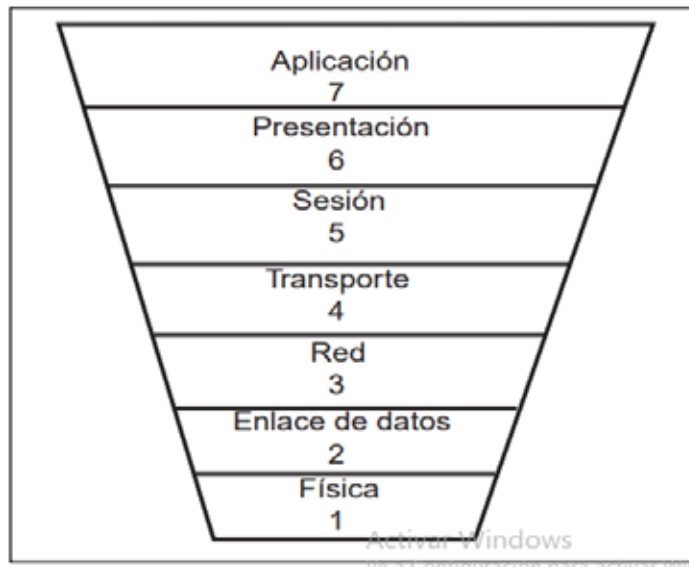


Figura 10: Modelo de capas OSI en orden descendente (blyx.com)

A continuación pasamos a explicar cada una de las capas que componen el modelo OSI, de arriba abajo (es decir, desde la capa de aplicación hasta la capa física).

2.2.3.1 La capa de aplicación

La capa de aplicación proporciona la interfaz y servicios que soportan las aplicaciones de usuario. También se encarga de ofrecer acceso general a la red. Esta capa suministra las herramientas que el usuario, de hecho, ve. También ofrece los servicios de red relacionados con estas aplicaciones de usuario, como la gestión de mensajes, la transferencia de archivos y las consultas a bases de datos. La capa de aplicación suministra cada uno de estos servicios a los distintos programas de aplicación con los que cuenta el usuario en su computadora. Entre los servicios de intercambio de información que gestiona la capa de aplicación se encuentran la Web, los servicios de correo electrónico (como el Protocolo Simple de Transferencia de Correo, comúnmente conocido como SMTP -Simple Mail Transfer Protocol-incluido en TCP/IP), así como aplicaciones especiales de bases de datos cliente/servidor.

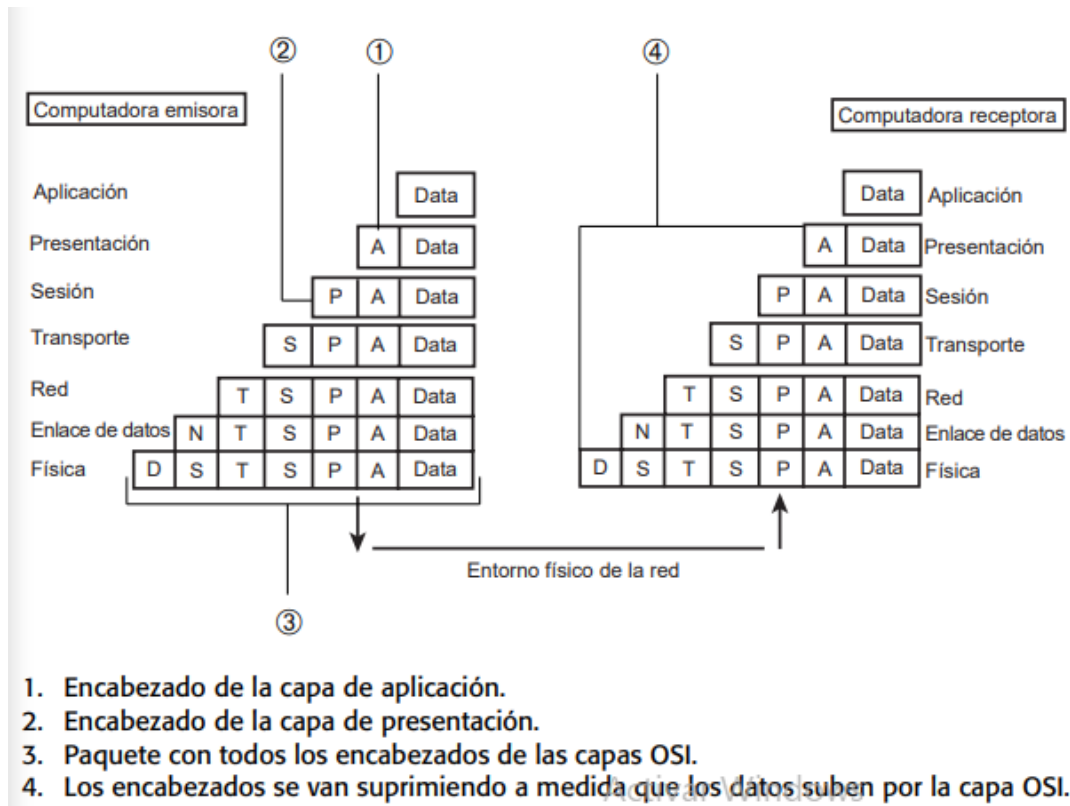


Figura 11: Encabezado añadido en cada capa (blyx.com)

2.2.3.2 La capa de presentación

La capa de presentación puede considerarse el traductor del modelo OSI. Esta capa toma los paquetes (la creación del paquete para la transmisión de los datos por la red empieza en realidad en la capa de aplicación) de la capa de aplicación y los convierte a un formato genérico que pueden leer todas las computadoras. Por ejemplo, los datos escritos en caracteres ASCII se traducirán a un formato más básico y genérico.

La capa de presentación también se encarga de cifrar los datos (si así lo requiere la aplicación utilizada en la capa de aplicación) así como de comprimirlos para reducir su tamaño. El paquete que crea la capa de presentación contiene los datos prácticamente con el formato con el que viajarán por las restantes capas de la pila OSI

(aunque las capas siguientes irán añadiendo elementos al paquete, lo cual puede dividir los datos en paquetes más pequeños).

2.2.3.3 La capa de sesión

La capa de sesión es la encargada de establecer el enlace de comunicación o sesión entre las computadoras emisora y receptora. Esta capa también gestiona la sesión que se establece entre ambos nodos (véase la Figura 12).



Figura 12: Funcionamiento de la Capa de sesión (blyx.com)

Una vez establecida la sesión entre los nodos participantes, la capa de sesión pasa a encargarse de ubicar puntos de control en la secuencia de datos. De esta forma, se proporciona cierta tolerancia a fallos dentro de la sesión de comunicación. Si una sesión falla y se pierde la comunicación entre los nodos, cuando después se restablezca la sesión sólo tendrán que volver a enviarse los datos situados detrás del último punto de control recibido. Así se evita el tener que enviar de nuevo todos los paquetes que incluía la sesión.

Los protocolos que operan en la capa de sesión pueden proporcionar dos tipos distintos de enfoques para que los datos vayan del emisor al receptor: la comunicación orientada a la conexión y la comunicación sin conexión.

Los protocolos orientados a la conexión que operan en la capa de sesión proporcionan un entorno donde las computadoras conectadas se ponen de acuerdo sobre los parámetros relativos a la creación de los puntos de control en los datos,

mantienen un diálogo durante la transferencia de los mismos, y después terminan de forma simultánea la sesión de transferencia.

Los protocolos orientados a la conexión operan de forma parecida a una llamada telefónica: en este caso, la sesión se establece llamando a la persona con la que se desea hablar. La persona que llama y la que se encuentra al otro lado del teléfono, mantienen una conexión directa. Y, cuando la conversación termina, ambos se ponen de acuerdo para por terminada la sesión y cuelgan el teléfono a la par.

El funcionamiento de los protocolos sin conexión se parece más bien a un sistema de correo regular. Proporciona las direcciones pertinentes para el envío de los paquetes y éstos pasan a enviarse como si se echaran a un buzón de correos. Se supone que la dirección que incluyen permitirá que los paquetes lleguen a su destino, sin necesidad de un permiso previo de la computadora que va a recibirlos.

2.2.3.4 La capa de transporte

La capa de transporte es la encargada de controlar el flujo de datos entre los nodos que establecen una comunicación; los datos no sólo deben entregarse sin errores, sino además en la secuencia que proceda. La capa de transporte se ocupa también de evaluar el tamaño de los paquetes con el fin de que éstos tengan el tamaño requerido por las capas inferiores del conjunto de protocolos. El tamaño de los paquetes lo dicta la arquitectura de red que se utilice.

La comunicación también se establece entre computadoras del mismo nivel (el emisor y el receptor); la aceptación por parte del nodo receptor se recibe cuando el nodo emisor ha enviado el número acordado de paquetes. Por ejemplo, el nodo emisor puede enviar de un solo golpe tres paquetes al nodo receptor y después recibir la aceptación por parte del nodo receptor. El emisor puede entonces volver a enviar otros tres paquetes de datos de una sola vez.

Esta comunicación en la capa de transporte resulta muy útil cuando la computadora emisora manda demasiados datos a la computadora receptora. En este caso, el nodo receptor tomará todos los datos que pueda aceptar de una sola vez y

pasará a enviar una señal de "ocupado" si se envían más datos. Una vez que la computadora receptora haya procesado los datos y esté lista para recibir más paquetes, enviará a la computadora emisora un mensaje de "luz verde" para que envíe los restantes.

2.2.3.5 La capa de red

La capa de red encamina los paquetes además de ocuparse de entregarlos. La determinación de la ruta que deben seguir los datos se produce en esta capa, lo mismo que el intercambio efectivo de los mismos dentro de dicha ruta. La Capa 3 es donde las direcciones lógicas (como las direcciones IP de una computadora de red) pasan a convertirse en direcciones físicas (las direcciones de hardware de la NIC, la Tarjeta de Interfaz para Red, para esa computadora específica).

Los routers operan precisamente en la capa de red y utilizan los protocolos de encaminamiento de la Capa 3 para determinar la ruta que deben seguir los paquetes de datos.

2.2.3.6 La capa de enlace de datos

Cuando los paquetes de datos llegan a la capa de enlace de datos, éstos pasan a ubicarse en tramas (unidades de datos), que vienen definidas por la arquitectura de red que se está utilizando (como Ethernet, Token Ring, etc.). La capa de enlace de datos se encarga de desplazar los datos por el enlace físico de comunicación hasta el nodo receptor, e identifica cada computadora incluida en la red de acuerdo con su dirección de hardware, que viene codificada en la NIC.

La capa de enlace de datos también controla la forma en la que las computadoras acceden a las conexiones físicas de la red. La capa física

2.2.3.7 La capa física

En la capa física las tramas procedentes de la capa de enlace de datos se convierten en una secuencia única de bits que puede transmitirse por el entorno físico de la red. La capa física también determina los aspectos físicos sobre la forma en que

el cableado está enganchado a la NIC de la computadora. En la computadora receptora de datos, la capa física es la encargada de recibir la secuencia única de bits (es decir, información formada por 1 y 0).

2.2.4 Medios de Redes de Comunicación

El medio es por donde viaja la señal de información desde su fuente hasta su destino, se dividen en dos tipos: guiados y no guiados.

2.2.4.1 Medios guiados

- Cable de par trenzado

Un cable de par trenzado (ver figura 13) como su nombre indica, está compuesto por cuatro pares de cables de cobre aislado, trenzado en forma helicoidal. Es decir, tiene ocho cables, agrupados de dos en dos. Es el tipo de cable más popular tanto para las comunicaciones de voz (línea telefónica convencional), como para las de datos. Esto se debe a que es uno de los más sencillos de instalar, de menor coste y soporta altas velocidades. Los cables de par trenzado se puede dividir a su vez en tres grandes variantes; UTP (Par trenzado sin blindaje), también conocido como par trenzado sin apantallar.

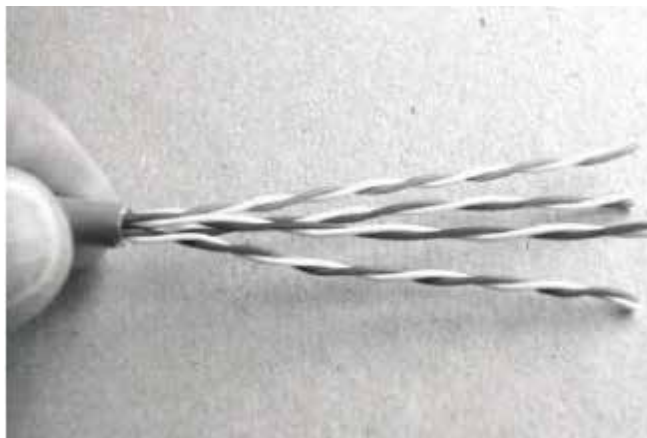


Figura 13: Cable par trenzado UPT categoría 5 (Hillar, 2009)

STP (Par trenzado con blindaje), también conocido como par trenzado apantallado (ver figura 14). Son más costosos que los UTP, puesto que los pares de

cobre se rodean con una malla metálica para reducir las interferencias y alrededor del cable interior se añade un trenzado de hilo de cobre, consiguiendo así mejorar las características de transmisión de datos.

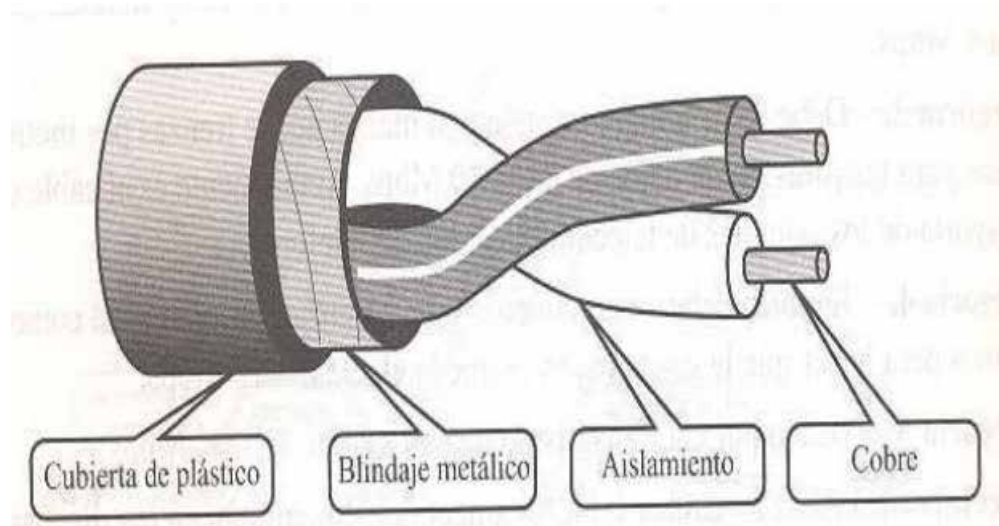


Figura 14: Par trenzado blindado (Forouzane, 2007)

- Cable coaxial

El cable coaxial, tiene un blindaje superior al de los cables de par trenzado, por lo cual puede alcanzar mayores distancias. Está compuesto por un alambre de cobre incrustado en un material aislante interno (dieléctrico), que a su vez está cubierto con un conductor externo de aluminio o de cobre entrelazado (malla), encargado de proteger al medio contra el ruido y las interferencias de radiofrecuencia (RF). Todo esto queda envuelto en una funda exterior de plástico.

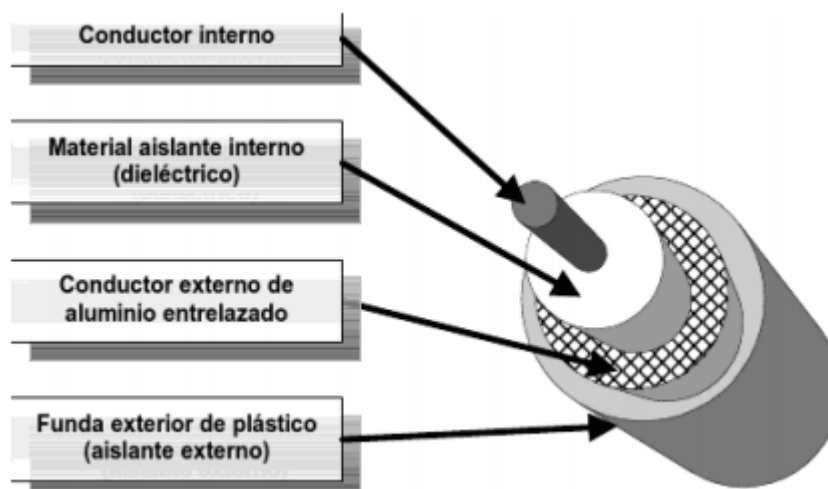


Figura 15: Cable coaxial (Hillar, 2009)

Se pueden encontrar diversos tipos de cable coaxial pero los más usados son los de 50 ohms, que se usan por lo general para transmisiones 30 digitales y el de 75 ohms, que se utiliza para la televisión por cable, pero que se ha vuelto muy popular de internet a través de cable.

- Fibra óptica

La fibra óptica es una delgada hebra de vidrio o silicio fundido que conduce luz. La luz es una forma de energía electromagnética que viaja a 300.000 km/seg en el vacío. Se requieren dos filamentos para una comunicación bidireccional. El grosor del filamento es comparable al grosor de un cabello humano, es decir, aproximadamente de 0,1 mm. Un cable de fibra óptica está compuesto por: Núcleo, manto, recubrimiento, tensores y chaqueta. Estos cables presentan la mayor inmunidad al ruido y a las interferencias de radiofrecuencias (RF) mientras que alcanzan las mayores distancias de transmisión. Esto se debe a que, a diferencia de los cables de cobre, conduce señales de luz, en vez de señales eléctricas.

Las fibras ópticas utilizadas actualmente en el área de las telecomunicaciones, se clasifican fundamentalmente en dos grupos, según el modo de propagación: fibras multimodo y fibras monomodo.

2.2.4.2 Medios no guiados

- El Espectro Electromagnético

Cuando los electrones se mueven crea ondas electromagnéticas que se puedan propagar por el espacio libre (aun en el vacío). Si las ondas electromagnéticas se organizan en un esquema continuo de acuerdo a sus longitudes de onda, obtenemos el espectro electromagnético, en el que las ondas más largas (longitudes desde metros a kilómetros) se encuentran en un extremo (Radio) y las más cortas en el otro (longitudes de onda de una billonésima de metros) (Gamma).

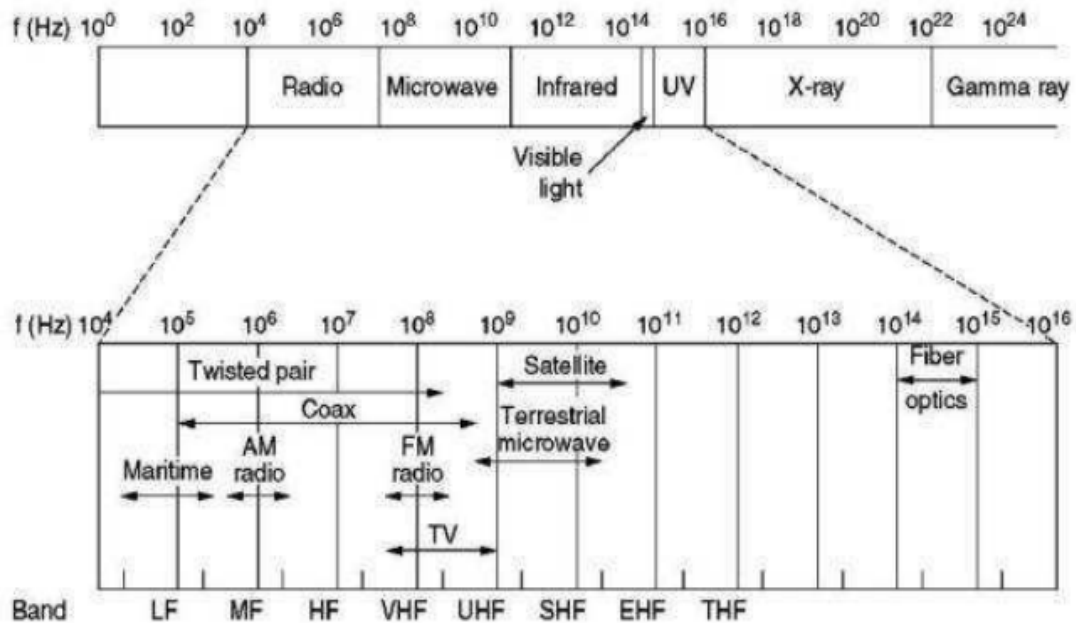


Figura 16: Espectro electromagnético (Forouzane, 2007)

Algunas de las porciones del espectro electromagnético usadas para las comunicaciones son las siguientes:

- Ondas de Radio. En el año 1887, Heinrich Hertz (1857-1894), consiguió detectar ondas de radio que tenían una longitud del orden de un metro. La región de ondas de radio se extiende desde algunos Hertz hasta 10^9 Hz con longitudes de onda desde muchos kilómetros hasta menos de 30 cm.

- Microondas. La región de las microondas se encuentra entre los 109 hasta aproximadamente 3×10^{11} Hz (con longitud de onda entre 30 cm a 1 mm).
- Rayos infrarrojos. La radiación infrarroja se localiza en el espectro entre 3×10^{11} Hz. hasta aproximadamente los 4×10^{14} Hz. La banda infrarroja se divide en tres secciones de acuerdo a su distancia a la zona visible: próxima (780 - 2500 nm), intermedia (2500 - 50000 nm) y lejana (50000 - 1mm). Toda molécula que tenga un temperatura superior al cero absoluto (-273° K) emite rayos infrarrojos y su cantidad está directamente relacionada con la temperatura del objeto.

- Propagación de las ondas de radio

Las ondas de radio son fáciles de generar, pueden viajar distancias largas, penetrar edificios sin problemas y su uso está muy generalizado en la comunicación. También son omnidireccionales, lo que significa que viajan en todas direcciones a partir de la fuente, por lo que no es necesario que el transmisor y el receptor estén alineados físicamente. Las propiedades de las ondas de radio dependen de la frecuencia. A bajas frecuencias, estas ondas cruzan casi cualquier obstáculo, pero la potencia se reduce de manera drástica a medida que se alejan de la fuente. A frecuencias altas las ondas tienden a viajar en línea recta y a rebotar en los obstáculos. También son absorbidas por la lluvia, y están sujetas a interferencias por motores y otros equipos eléctricos. Por la capacidad de viajar a largas distancias, la interferencia entre usuarios es un problema, por esta razón los gobiernos reglamentan estrictamente el uso de radiotransmisores.

- Microondas terrestres

Las microondas terrestres se ven afectadas por la forma curva de la tierra y por lo tanto necesitan equipos de transmisión y recepción por visión directa. La distancia que se puede cubrir por visión directa depende de la altura de la antena, cuanto más altas sean las antenas mayor es la distancia a la que se puede transmitir sin que

interfiera la curvatura del planeta, sin mencionar que se elevaría la señal por encima de muchos obstáculos de la superficie, como colinas bajas y edificios altos. Por lo general las antenas se montan en torres que a su vez se encuentran en lo alto de colinas o montañas. Con el fin de incrementar el alcance de las microondas terrestres, se usan sistemas de repetidores. La señal recibida por una antena se puede convertir de nuevo a una forma transmisible y entregarla a la antena siguiente. La distancia mínima entre repetidores varía con la frecuencia de la señal y el entorno en el cual se encuentran las antenas.

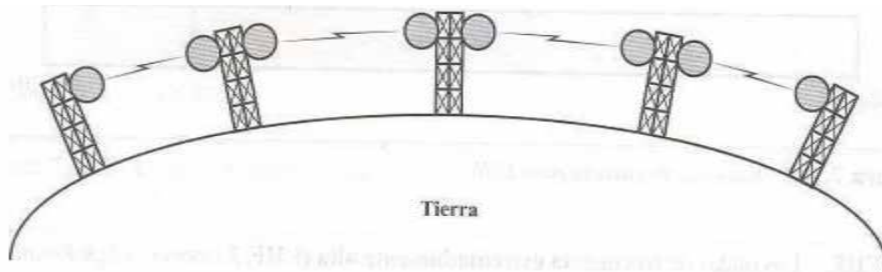


Figura 17: Microondas terrestres (Forouzane, 2007)

- Comunicación vía satélite

Los enlaces entre las estaciones terrestres y los satélites, o entre satélites, están formados por radiación electromagnética, dirigida en línea recta, en haces de mayor o menor concentración semejantes a los enlaces entre estaciones ubicadas sobre la superficie terrestre. Para lograr que las transmisiones por satélite cumplan con los requisitos de una determinada red de comunicación deben considerarse las características de los equipos para las estaciones terrestres, la de los transpondedores de los satélites, las del medio de propagación y las radiaciones no deseadas de origen externo. La señal emitida por la estación transmisora debe llegar a la receptora con la potencia suficiente para garantizar la calidad esperada de la comunicación. Estas transmisiones usan los mismos principios de las transmisiones de microondas terrestres, excepto que estando el satélite en órbita, actúa como una antena súper alta que reduce las limitaciones impuestas sobre la distancia por la curvatura de la tierra,

aun cuando la transmisión se haga igualmente en línea recta. De esta forma, los satélites retransmisores permiten que las señales de microondas se puedan transmitir a través de continentes y océanos, con un único salto.

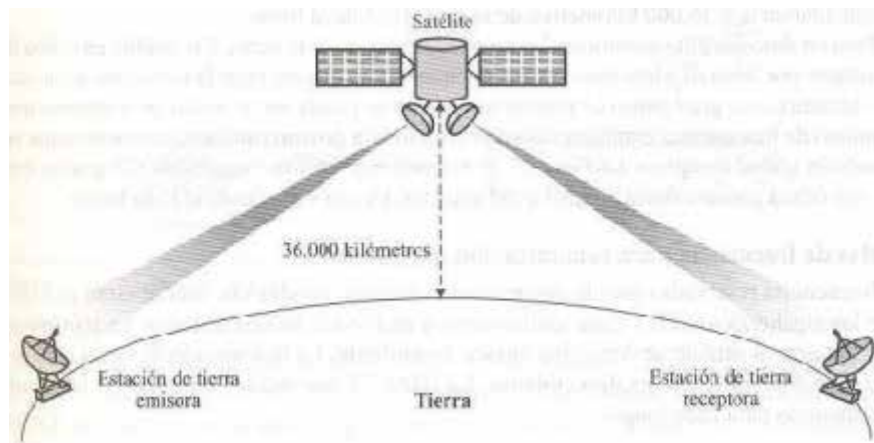


Figura 18: Comunicaciones por satélite (Forouzane, 2007)

- Telefonía celular

Se diseñó para proporcionar conexiones de comunicaciones estables entre dos dispositivos móviles, o entre una unidad móvil y una estacionaria (tierra). Un proveedor de servicios debe de ser capaz de localizar y seguir el dispositivo móvil, asignando un canal a la llamada y transfiriendo la señal de un canal a otro a medida que el dispositivo se mueve fuera del rango de un canal y dentro del rango de otro. Para que este seguimiento sea posible, cada área de servicio celular se divide en regiones pequeñas denominadas células. Cada célula contiene una antena y es controlada por una pequeña central, denominada central de célula. A su vez, cada central de célula está controlada por una central conmutada llamada MTSO (Mobile Telephone Switching Office). La MTSO coordina las comunicaciones entre todas las centrales de células telefónicas. Es un centro computarizado que se encarga de conectar las llamadas y de grabar la información sobre la misma, así como de su facturación, ver Figura 15.

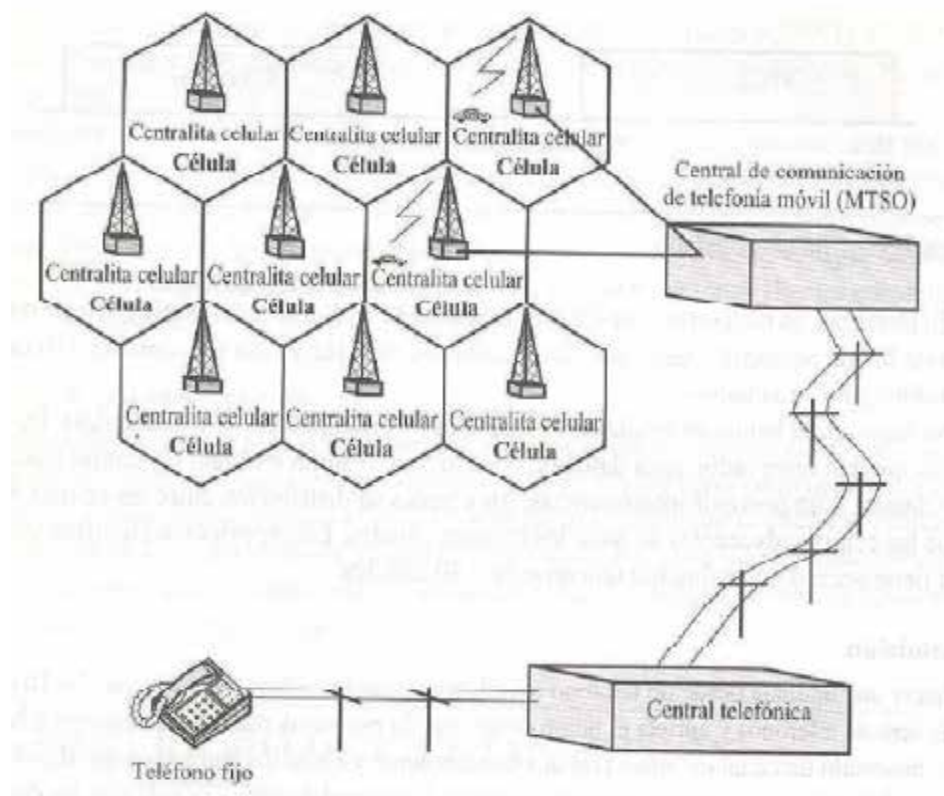


Figura 19: Sistema celular (Forouzane, 2007)

2.2.5 Fibra Óptica

Anteriormente se mencionó la fibra óptica, pero en este punto indagaremos un poco más en su descripción y características.

La fibra óptica, es un medio físico de transmisión de información, usual en redes de datos y telecomunicaciones, el cual consiste en un medio dieléctrico transparente que permite el paso de la luz de un extremo a otro con mínimas pérdidas. Para un aprovechamiento óptimo de sus cualidades, la normativa aplicable especifica diversos tipos de fibra, cada uno de los cuales es de aplicación para un tipo de enlace en función de su longitud velocidad de transmisión y otras características.

2.2.6 Partes de la fibra óptica

2.2.6.1 El núcleo (core)

Parte interna de la fibra por donde viajan las señales ópticas procedentes de la fuente. Compuesto de materiales como cuarzo, plástico o dióxido o silicio. Para ajustar su índice de refracción se dopa con materiales como P₂O₅ (óxido de fósforo), GeO₂ (óxido de germanio), B₂O₃ (óxido de boro) con el objetivo de ajustar su índice de refracción.

- Índice de Refracción: Es una medida que indica cuánto se reduce la velocidad de la luz al pasar por el material. Los lentes vienen disponibles en diferentes índices de refracción. El espesor del lente es inversamente proporcional al índice de refracción. Para que haya una propagación adecuada de la señal de luz por la fibra óptica, el índice de refracción del primer material al cual el rayo incide debe ser mayor al del siguiente material al cual el rayo pasa, lo cual se conoce como $n_1 > n_2$.

2.2.6.2 El revestimiento (cladding)

Parte de la fibra que esta entre el núcleo y el recubrimiento. Esta estructura tiene un índice de refracción menor al del núcleo de forma que actúe como una capa reflectante, consiguiendo que las ondas luminosas se reflejen y de esta forma se transmitan a lo largo de la fibra. Se fabrica a altas temperaturas y generalmente son de cuarzo o plástico transparente. Se le suelen añadir varias capas de plástico para absorber los posibles golpes o estiramientos que pueda recibir la fibra y como protección para doblamientos excesivos.

2.2.6.3 El recubrimiento (coating)

Parte más externa de la fibra y que protege al núcleo y al revestimiento de posibles daños y agentes externos. Estos agentes externos que pueden perjudicar las características de la fibra pueden ser tales como humedad, aplastamiento, roedores y otros riesgos del entorno.(ver figura 20)



Figura 20: Partes de la fibra óptica

2.2.7 Historia de la Fibra Óptica

La historia de la fibra óptica se inicia cuando el físico irlandés John Tyndall descubrió, en el siglo XIX, que la luz puede viajar a través de agua. Casi un siglo más tarde, en 1952, otro físico, Narinder Singh Kapany, se apoyó en los estudios de Tyndall e inventó la fibra óptica. Sin embargo, en esa época no existía la fibra que hoy conocemos. Además, los usos que se le dio no son los de la actualidad. Al principio, se utilizó para la transmisión de imágenes en el endoscopio médico.

Es en los años 60 cuando se empieza a vislumbrar las posibilidades de este nuevo método de transmisión en las comunicaciones. La invención del láser en esta década fue el que condujo a la investigación de los cables transmisores de vidrio. Pero con el estudio de Kao y Hockman en 1966 se produjo un antes y un después en la investigación de este material y la revolución de las comunicaciones. En el estudio se concluía que la atenuación observada hasta entonces en las fibras de vidrio, no se debía a mecanismos intrínsecos sino a impurezas originadas en el proceso de fabricación. Es por ello por lo que se ponen en marcha para sustituir electricidad y los conductores mecánicos por el vidrio y la luz, en cuanto a las líneas telefónicas se refiere. Fue este estudio el que originó que muchos físicos empezaran a investigar sobre la atenuación, por lo que durante toda la década de los 70 hubo diversos

experimentos y estudios en los que la atenuación iba bajando cada vez más. Todo ello hizo que la fibra óptica fuera mejorando su transparencia cuantas más investigaciones se hacían.

En 1980, los científicos Payne y Desurvire inventan un amplificador óptico con el que se hizo más eficiente las comunicaciones interurbanas. Es en esta década cuando se comienzan a construir infraestructuras de telecomunicaciones que va conectando poco a poco a todo EEUU. A final de los años 80, la fibra óptica atraviesa el océano para conectar América con otros continentes como Europa.

2.2.8 Tipos de Fibra Óptica

2.2.8.1 Las fibras ópticas Multimodo

El cable multimodo dispone de un núcleo de mayor diámetro que permite el paso de múltiples modos de luz. Esto significa que se pueden transmitir más tipos de datos. Los cables de fibra multimodo se presentan en dos tamaños de núcleo y cinco variantes: 62,5 micras OM1, 50 micras OM2, 50 micras OM3, 50 micras OM4 y 50 micras OM5. (OM significa "modo óptico".) Todos disponen del mismo diámetro de revestimiento de 125 micrones, pero el cable de fibra de 50 micras tiene un núcleo más pequeño (parte donde se transmite la luz por la fibra). En la figura 21 se puede apreciar la diferencia entre los tipos de fibras multimodo y la monomodo en cuanto al diámetro del núcleo.

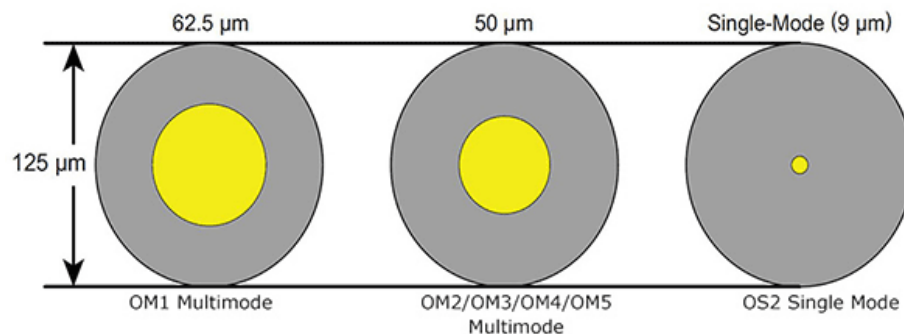


Figura 21: Fibras multimodo y monomodo

Aunque todos pueden emplearse de la misma manera, los cables de 50 micras, particularmente OM5, OM3 y OM4 optimizados para láser, proporcionan longitudes

de enlaces mayores y/o velocidades más altas, además se recomiendan para aplicaciones locales (redes troncales, enlaces horizontales y entre edificios), y deben considerarse para nuevas instalaciones. OM3, OM4 y OM5 pueden utilizarse también con fuentes de LED y luz láser.

2.2.8.2 Las fibras ópticas Monomodo

Cable multimodo, el cable monomodo solo dispone de un modo de propagación: una sola longitud de onda de luz en el núcleo de fibra. Esto significa que no hay interferencias ni solapamientos entre las distintas longitudes de onda de luz que pudieran distorsionar sus datos a grandes distancias, como ocurre con el cable multimodo. En la figura 22 se aprecia una fibra óptica multimodo arriba y una monomodo abajo.

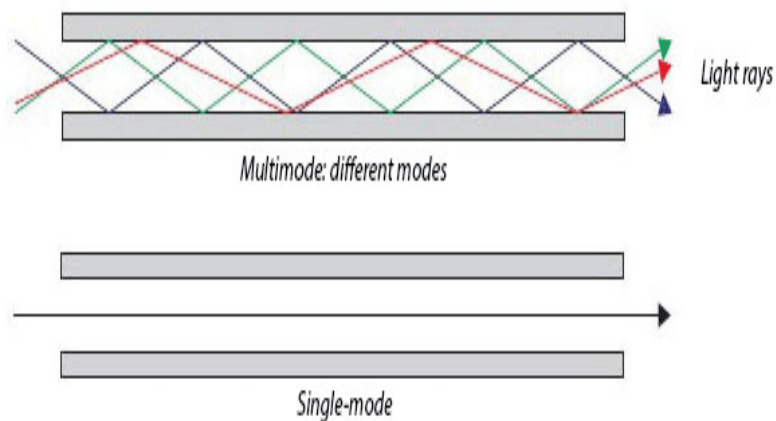


Figura 22: Diferencia de multimodo y monomodo

El cable monomodo (OS2) tiene un núcleo de vidrio pequeño (8-10 micras), que es mucho más pequeño que el multimodo, y solo una ruta para la luz o modo de propagación. (OS significa modo óptico simple.) Con una sola longitud de onda de la luz transmitiéndose a través de su núcleo, la fibra monomodo realinea la luz hacia el centro del núcleo en vez de simplemente rebotarla desde el borde del núcleo como lo hace el cable multimodo. OS1 se aplica a cables de tubo ajustado para uso en

interiores, mientras que OS2 se aplica a cables de tubo holgado. El cable monomodo es casi siempre amarillo, por lo que es fácil de identificar.

2.2.9 Red GPON

Es una tecnología que permite una convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red basada en IP. Es una red de fibra totalmente pasiva, no existen repetidores dentro de la red y tampoco fuentes de poder intermedios, solo splitters, acopladores y atenuadores.¹⁵ Toda la información es transmitida bidireccionalmente sobre una sola fibra conocida como PON.

2.2.9.1 Características principales de una red GPON

La tecnología GPON, ofrece las siguientes características:

- Gran ancho de banda sin precedentes. La tasa GPON es tan alta como 2.5 Gbps, proporcionando ancho de banda suficiente para satisfacer la creciente demanda de redes de alto ancho de banda en el futuro.
- Abundancia de protocolos y servicios preparados para la seguridad de datos para la cual el método de encapsulación que emplea GPON es GEM (GPON Encapsulation Model), que permite soportar cualquier tipo de servicio Ethernet, TDM, ATM, etc.
- Soporte TDM. El negocio TDM se puede apoyar directamente por la longitud

elementos pasivos, además de proyectar diseños ideales para evitar trabajos después de la construcción. A continuación, la Tabla 2 detalla los parámetros más importantes para certificar una red FTTH GPON.

Tabla 2: Norma ITU-T G 984.x

ITU-T G.984.1 (ITU-T, 2011)	Características generales	- Arquitectura del sistema OAM. - Tipos de interfaz: servicio, usuario. - Alcance Lógico.	- Tipos de servicio. - Tasa física de transmisión y recepción. - Rendimiento del sistema	
ITU-T G.984.2 (ITU-T, 2011)	Medios físicos	Parámetros Class B+ Potencia óptica máxima Potencia óptica mínima Sensibilidad mínima Potencia óptica mínima de sobrecarga	ONT +5 dBm +0,5 dBm -27 dBm -8 dBm	OLT +5 dBm +1,5 dBm -28 dBm -8 dBm
ITU-T G.984.3 (ITU-T, 2011)	Convergencia de transmisión	Subcapas GPON TC Rango	- Formato trama Seguridad - Ancho de banda dinámico - Operaciones, administración y mantenimiento	
ITU-T G.984.4 (ITU-T, 2011)	Gestión ONT, especificación de la interfaz de control	Interoperabilidad entre OLTs y ONTs de diferentes proveedores.		
ITU-T G.984.5 (ITU-T, 2011)	Mejoramiento de banda	- Define longitudes de onda reservados para las señales de servicio adicionales utilizando WDM en la futura red GPON. - Especifica los requisitos técnicos para la aplicación del filtro de longitud de onda en la ONT.		
ITU-T G.984.6 (ITU-T, 2011)	Mayor Alcance	Describe los parámetros de la arquitectura y la interfaz para los sistemas GPON con mayor alcance.		

La tabla 3, muestra los estándares GPON aprobados en 2003-2004 por ITU-T en las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5. Son las estandarizaciones de las redes PON a velocidades superiores.

Tabla 3: Estándares GPON

<p>ITU-T G.984.1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descripción de los parámetros de la red GPON. - Requerimientos de protección para el cambio de la red. 	<p>ITU-T G.984.1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Especificaciones de los parámetros ODN - Especificaciones del puerto óptico de bajada en 2.488 Gbps - Especificaciones del puerto óptico de subida en 1.244 Gbps - Estructura de localización en la capa física
<p>ITU-T G.984.1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Especificaciones de la capa TC en el sistema GPON. - Arquitectura de multiplexación GTC y pila de protocolos - Trama GTC - Registro y activación de ONU - Especificaciones de DBA - Alarmas y rendimiento 	<p>ITU-T G.984.1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Formatos de mensajes OMCI - Dispositivos de gestión de trama OMCI - Principios de trabajo de OMCI

2.2.10 Elementos de la red GPON

El esquema de una red GPON está compuesto por tres partes fundamentales: la OLT, ODN y ONT, como se observa en la figura 18. La OLT está ubicada en el nodo del proveedor de servicios y contiene todos los equipos activos. La ODN (Optical Distribution Network) es la red óptica pasiva de distribución que abarca a la red feeder, a la red distribución y a la red de dispersión, en donde su elemento más importante es el splitter encargado de dividir las señales a las respectivas ONTs de los usuarios. La NAP (Network Access Point), comúnmente llamada caja óptica de distribución es el equipo terminal que conecta la red de distribución con la red de dispersión. Finalmente, en el domicilio del cliente está ubicada la ONT que es el

equipo terminal de la red GPON, la cual recibe las señales ópticas y las transforma a señales eléctricas.

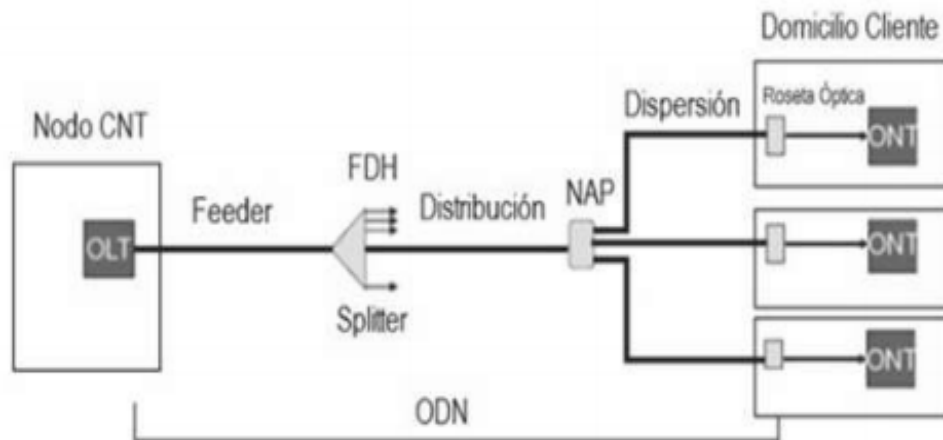


Figura 23: Elementos de red GPON

A continuación, se detalla cada elemento del esquema de una red GPON.

2.2.10.1 Equipo Terminal Óptico (OLT)

El equipo terminal óptico, como se observa en la figura 24, es el equipo activo que conecta la red óptica de distribución (ODN) con los diferentes equipos del proveedor de servicios de telecomunicaciones. Generalmente la OLT está en el chasis o rack de telecomunicaciones, posee una tarjeta de ventiladores para enfriar al equipo activo OLT. De igual manera, posee tarjetas de gestión y control, tarjetas para tráfico de telefonía y tarjetas de servicios. Las tarjetas de servicios poseen puertos, donde cada puerto representa un hilo de fibra óptica del cable troncal o feeder.



Figura 24: Equipo Terminal Óptico (OLT)

2.2.10.2 Red Feeder

Es la red troncal que conecta el distribuidor óptico ODF ubicado en el nodo central con el armario FDH que se detallará en la siguiente sección. El cable óptico de la red feeder típicamente va canalizado por los ductos PVC hasta llegar a un armario donde se encuentran los splitters.

2.2.10.3 Armario de GPON (FDH)

El armario FDH (Fiber Distribution Hub), es fabricado típicamente de un material de aluminio para soportar condiciones climáticas extremas como agua, polvo y vandalismo, ya que se encuentra a la intemperie. El armario está ubicado en un determinado punto del enlace y es el encargado de conectar la red feeder con la red de distribución; en el armario se encuentran ubicados los splitters, existen armarios que pueden soportar hasta 576 puertos o usuarios, como se observa en la figura 25.



Figura 25: Armario de GPON (FDH)

2.2.10.4 Splitter

El splitter es un divisor óptico pasivo, generalmente se utilizan en redes de distribución, cuando un enlace punto a punto no es suficiente para satisfacer la demanda de usuarios, también se las utiliza en redes FTTx y GPON. El splitter divide la señal exactamente igual a su señal original con la misma longitud de onda, pero con menor potencia. Existen splitters de hasta 1/128 salidas, dependiendo de la

cantidad de salidas se pueden tener 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64 y 1/128 salidas. En la figura 26 se muestra el splitter 1/32.



Figura 26: Splitter

La mayoría de splitters están ubicados en la mangas, cajas terminales y armarios que se explicarán más adelante. En la tabla 4 se observan las pérdidas por inserción de los splitters.

Tabla 4: Pérdidas por inserción de los splitters.

Tasa	Máximo	Mínimo	Promedio
1x64	22.8 dB	15.7 dB	19.2 dB
1x32	18.6 dB	13.1 dB	15.8 dB
1x16	15.0 dB	10.8 dB	13.4 dB
1x8	11.4 dB	8.1 dB	9.7 dB
1x4	7.8 dB	5.4 dB	6.6 dB
1x2	4.2 dB	2.6 dB	3.4 dB

2.2.10.5 Red de Distribución Óptica (ODN)

La red de distribución óptica es toda la red óptica pasiva en donde no existen equipos activos o equipos que necesiten energía eléctrica para su funcionamiento, la ODN está formada por la red feeder, la red de distribución y la red de dispersión. De igual manera, en esta red están ubicados los elementos como los armarios (FDH), donde se encuentran los splitters y las cajas de distribución óptica (NAP)

2.2.10.6 Red de Distribución

La red de distribución une el armario FDH con la caja de distribución NAP, las cajas de distribución pueden estar ubicadas en postes o pozos, por lo tanto, se usa un cable óptico que puede ser aéreo o canalizado, dependiendo de los criterios de diseño de la red GPON.

2.2.10.7 Caja de Distribución Óptica (NAP)

La caja de distribución óptica, como se observa en la figura 27, también se la conoce con el nombre de NAP (Network Access Point) punto de acceso a la red o caja terminal. Es la encargada de conectar la red de distribución con las conexiones individuales de cada abonado. De igual manera, es un punto específico para realizar labores de operación y mantenimiento. En las NAP se encuentran los pigtailed, que son los encargados de conectar los hilos del cable de distribución con los respectivos conectores de la NAP.



Figura 27: Caja de Distribución Óptica (NAP)

2.2.10.8 Red de Dispersión

La red de dispersión es el segmento de red que va desde las cajas de distribución NAP hasta la roseta óptica que está ubicada en el domicilio del cliente, el

cable óptico usado en esta red se llama drop, solo posee dos hilos de fibra óptica, por lo tanto, es de fácil manipulación.

2.2.10.9 Roseta Óptica

La roseta Óptica, como se observa en la figura 28, es el punto terminal de una red de acceso GPON y conecta la red de dispersión con el equipo activo ONT (Optical Network Terminal) mediante el patchcord. En la roseta óptica se realizan mediciones o pruebas de las pérdidas en todo el enlace o sistema de comunicaciones.



Figura 28: Roseta Óptica

2.2.10.10 Terminal de Red Óptica (ONT)

Es un equipo activo y está ubicado en el domicilio del cliente, este equipo es el encargado de recibir la señal óptica transmitida y convertirla en señal eléctrica. Posee puertos para telefonía, televisión e internet, por lo tanto, es capaz de ofrecer el servicio triple play que se detallará en la siguiente sección. A la ONT llegan todas las tramas de datos enviadas por la OLT, entonces filtra las tramas destinadas a la respectiva ONT mediante verificación de direcciones y las demás tramas que le corresponden las descarta. A continuación, se presenta la figura 29 correspondiente al equipo activo ONT.



Figura 29: Terminal de Red Óptica (ONT)

2.3 Bases Legales

La estandarización desarrollada bajo la tutela de Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) ahora llamado El Fondo para la Normalización y Certificación de la calidad (FONDONORMA), publica en 1968 la normativa Código Eléctrico Nacional (CEN), en su 7ma edición realizada en el 2004 se encuentra la normativa actual para el despliegue y canalización de del medio de comunicación guiado Fibra Óptica. Allí establece las provisiones aplicables a las instalaciones de cables de fibra óptica y a las canalizaciones, sin incluir aspectos constructivos de los cables de fibra óptica ni de las canalizaciones.

En esta sección dedicada a la fibra Óptica, en tres secciones prácticas; Donde en la primera sección encontramos disposiciones generales como, normas para conductos, cámaras de aire, capacidad de resistencia en propagación de fuego o productos de combustión, canalización y clasificación del cableado de fibra como conductivos, no conductos y mixtos. Debidamente continúa en la segunda sección con el sistema de protección y puesta a tierra recomendado para tendidos de fibra óptica. En la última sección, se refiere a la canalización y cableado dentro de edificaciones en conjunto con parámetros de aprobación, identificación e instalación del cableado. Además de mostrar especificaciones de canalización para cámara de aire, ascendente y de uso general para edificios, establece las consideraciones para instalación de fibra óptica en conjunto con conductores eléctricos.

Por otro lado, la Unión Internacional para las Telecomunicaciones ITU (2003-Presente) realiza publicaciones en Secciones Digitales y Sistemas Digitales de Línea –Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales: Redes ópticas Pasivas con Capacidad de Gigabits: Características generales Recomendación G-984.X, perteneciente a su serie G donde se abordan los Sistemas y Medios de Transmisión, Sistemas y Redes Digitales. Es una serie de recomendaciones que abarca desde G-984.1 hasta G-984.7, desarrollada de manera extensa, detallada y completa orientada a sentar bases en el diseño y certificación de topologías GPON, así como también de proporcionar un criterio amplio que busca optimizar los recursos como elementos pasivos.

ITU-T G.984.1 (Actualización 2008), Son planteadas las disposiciones generales de diseño, el acceso flexible de FO para soportar sistemas con velocidades de línea nominales de 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s. Descripción detallada de la tasa física de transmisión y recepción de la red G-PON (simétricos y asimétricos), finalmente la proposición de la optimización de los sistemas G-PON basado en la necesidad del operador.

ITU-T G.984.2 (Publicación 2003), establece los requisitos de la capa física identificados como Red de distribución Óptica (ODN), Terminación de línea Óptica (OLT), terminación de red Óptica (ONT), Unidad de red Óptica (ONU) y las especificaciones de la capa dependiente de los medios físicos.

ITU-T G.984.3 (Actualización 2014), Trata la especificación de la capa de convergencia de transmisión, el mecanismo de acceso múltiple por división de Tiempo y capa física de operación, administración y mantenimiento de la capa física (OAM). Asimismo describe el método de activación de la unidad de red óptica (ONU), métodos de corrección de errores y requerimientos de seguridad.

ITU-T G.984.4 (Publicación 2008), Se establece la administración y la interfaz de control y protocolos para la terminación de red Óptica (ONT) para sistemas de red G-PON. Además, también provee la descripción del protocolo independiente para la

administración de la base de información (MIB), el cual es implementado en el intercambio de información entre la OLT y la ONT.

ITU-T G.984.5 (Actualización 2014), Define los rangos de longitud de onda reservados para señales de servicios adicionales utilizando la Multiplexación por división de Longitud de Ondas (WDM) para futuras redes ópticas pasivas para la maximización el aprovechamiento de la Red de distribución Óptica (ODN).

ITU-T G.984.6 (Publicación 2008), Detalla los parámetros de arquitectura e interface para redes G-PON de alcance extendido utilizando dispositivos extensores de alcance tales como amplificadores ópticos entre la línea de conexión del OLT y el ONT.

ITU-T G.984.7 (Publicación 2010), se dictan los requerimientos necesarios para redes PON de ultra largo alcance, que soporte una distancia diferencial entre dos ONU de 40km. Además, presenta la flexibilidad desprendida distribuciones físicas reales ofreciendo la posibilidad de servicio en una forma eficiente para distancias superiores a las recomendadas.

Resulta más que evidente el uso de las recomendaciones planteadas por la ITU para el desarrollo de un diseño completamente sólido capaz de cumplir de manera eficiente los parámetros planteados en cada una de las secciones expuestas. De esta manera se asegura una plataforma comparable a los grandes despliegues modernos de FTTH a nivel internacional, compatibilidad y operatividad para distintos proveedores tecnológicos y la capacidad de modernización.

2.4 Definición de Términos Básicos

Ancho de Banda: Cantidad de bits transferidos en un segundo por un medio de transmisión.

Conexión: Un dispositivo enviando información a otro a través de un medio.

Hardware: Conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático.

Interconexión: Conjunto de dispositivos conectados a una red, que intercambian información entre sí.

Interferencia: Alteración o perturbación del desarrollo normal de una cosa mediante la interposición de otra que puede llegar a resultar un obstáculo.

Modulación: Proceso mediante el cual una señal se adapta al medio por el cual será transmitida, a través de técnicas especiales.

Network: En español quiere decir **red**, es un conjunto de equipos conectados por medio de cables, señales, ondas o cualquier otro método de transporte de datos, que comparten información (archivos), recursos (CD-ROM, impresoras, etc.

Onda: es la propagación de energía en el espacio debido a la perturbación de alguna de sus propiedades físicas, como son la densidad, presión, campo eléctrico o campo magnético.

Ping: Tiempo que tarda un solo bit en ser cargado y descargado de un servidor, denominado como latencia.

Protocolos y estándares: son los que hacen que las redes funcionen juntas, logrando que los diversos componentes de una red se comuniquen entre sí.

Ruido: Señal eléctrica no deseada.

Software: está compuesto por un conjunto de programas que son diseñados para cumplir una determinada función dentro de un sistema, ya sean estos realizados por parte de los usuarios o por las mismas corporaciones dedicadas a la informática.

Telecomunicaciones: Es el intercambio de información modulada a cierta distancia entre un transmisor y un receptor, a través de un medio que los une.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

En el presente capítulo, se abordó el marco metodológico que fue llevado a cabo en la solución del problema planteado, la creación de una Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON). Arias F. (2006, p. 16). Define el marco metodológico como el “Conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas”. En otras palabras, fue la descripción de los pasos, técnicas y procedimientos implementados en el desarrollo de la investigación, para lograr los objetivos planteados.

3.1 Tipos de Investigación

Fueron considerandos los objetivos del presente proyecto investigativo, este se categorizo como un proyecto factible, debido a que esta busca el diseño y futura construcción de una red GPON, la cual genera un beneficio para los habitantes del edificio El Remanso en Puerto Cabello. Arias, (2012), define el proyecto factible como: “Una propuesta de acción para resolver un problema practico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización” (p. 134). Se categorizo el proyecto de esta manera debido a que su objetivo general, es la propuesta de un diseño de una red GPON para el edificio el remanso Puerto Cabello Estado Carabobo. En otras palabras, este proyecto se enfocó en el diseño y no en su construcción.

3.2 Diseño de la Investigación

Según Arias F. (2012, P. 27) “El diseño e investigación es la estrategia general que adopto el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifico en: documental, de campo y experimental”. “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos

(datos primarios) sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental” (P. 31). “La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica, e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresos, audiovisuales o electrónicos. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos” (P. 27). Para sintetizar, se estableció que esta investigación será de campo y documental, debido a que se conocen los datos iniciales que ocasionan el problema, se recolectaron datos para validar la situación actual, se realizaron encuestas con las cuales se buscó establecer la solución no experimental, sino descriptiva al problema planteado; y se recurrió a datos secundarios de investigaciones para obtener dicha solución.

3.3 Nivel de la investigación

Según Arias, F. (2012, p. 23), el nivel de investigación puede definirse como “El grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio”. “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere” (p. 24). Esta investigación se consideró descriptiva, es decir, su nivel es intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos, ya que se realizó una propuesta de una Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) para la residencia El Remanso, en el cual se evidenció el problema, se consiguió un método capaz de solucionarlo, se describió la forma de implementar esta red en la zona deseada, pero no se buscó el porqué de la situación, ni innovaciones en esa área.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

Arias F. (2012, p. 81) define población como “La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con

características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”. En este proyecto, la población es finita y estuvo conformada por las redes de comunicaciones capaces de solucionar el problema planteado.

3.4.2 Muestra

La muestra es aquel sector de la población que se escoge para realizar la investigación, esperando que los resultados encontrados a través de ella representen la población de estudio. Arias, F. (2012, p. 80) Se define muestra “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. En este sentido una muestra representativa es aquella que por su tamaño y características similares a las del conjunto, permite generalizar los requerimientos de la investigación, por lo tanto, la muestra fue la Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit.

3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de Datos

3.5.1 Técnicas de Recolección de Datos

Según Arias F. (2012, p. 67) “Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información”. Por lo tanto las técnicas aplicadas para la recolección de datos de forma particular en esta investigación fueron la observación directa, encuesta oral y análisis documental.

“La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos.” Arias F. (p. 69)

La técnica de observación complementaría, en caso de que exista registro de acciones y programas. La revisión documental permite hacerse una idea del desarrollo y las características de los procesos y también de disponer de información que confirme o haga dudar de lo que el grupo entrevistado ha mencionado. Cuentan como documentos: Cartas, Actas, Planillas, Informes, Libros, Imágenes, Folletos, Manuscritos y Videos. Los documentos son la historia ‘escrita’ de las acciones,

experiencias y maneras de concebir ciertos fenómenos, situaciones y temas. Es práctico organizarlos en función del tipo de información requerida, por ejemplo como periodos de tiempo, estableciendo los criterios de revisión y clasificación de los mismos”. Según C. Gonima (2012) “

Según Arias F. (2012, p. 72) “Se define la encuesta como una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismos, o en relación con un tema en particular.” Se realizaron encuestas de tipo orales, las cuales se fundamentaron en un interrogatorio, ya que en un corto tiempo pueden ser realizadas a un gran número de personas, a pesar de ser poco profundas permitieron un gran alcance sobre la opinión de los habitantes del edificio El Remanso respecto al problema planteado.

3.5.2 Instrumentos de Recolección de Datos

Luego de obtener la información por medio de las técnicas de recolección de datos, fue necesario un medio material en el cual almacenarlos, interpretarlos y/o procesarlos. A dicho soporte se le denomina instrumento.

Instrumentos de Registro, Según Arias F. (2012, p. 68) “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información.”. Estos se relacionan a cualquier medio material que se utilizara para recopilar y almacenar la información requerida para la investigación. Los instrumentos utilizados en este proyecto serán principalmente computadoras portátiles, Teléfonos inteligentes, libretas, listas de cotejo, reporte gráfico, revisión documental, revisión bibliográfica, y la guía de encuesta, donde se almaceno la información necesaria para iniciar las siguientes fases del proyecto.

3.8 Fases de la Investigación

Fase I: “Diagnostico de la situación actual de comunicación en el edificio El Remanso Puerto Cabello estado Carabobo.”

En esta fase del proyecto, se realizó un diagnóstico, mediante observación directa de las condiciones actuales de comunicación mediante internet en el edificio

El Remanso Puerto Cabello estado Carabobo; y mediante encuestas a un grupo de los habitantes; que determinen los problemas a resolver y la magnitud de estos.

Fase II: “Determinación de los requerimientos para la red de comunicaciones.”

En esta fase, se realizó una investigación de cuál es la red de comunicaciones que tenga la capacidad de solventar los problemas, y que mejor se adapte a las necesidades y requerimientos del edificio El Remanso Puerto Cabello estado Carabobo.

Fase III: “

En esta fase de la investigación, se realizó el diseño de la Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON). Se describirá la distribución por recorrido del cableado de esta red y distribución de sus elementos.

Fase IV: “

.”

En esta última fase, se evaluó que tan factible es llevar a cabo este proyecto de investigación, sobre la implementación de una Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) en el edificio El Remanso en Puerto Cabello, en términos Técnico, Operativo, Económico, Social y Ambiental.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Para continuar el desarrollo del trabajo de grado, se desglosa cada uno de los objetivos específicos planteados al inicio, los cuales se describen en fases para establecer los resultados de la propuesta de la red GPON.

4.1 Fase I. Diagnóstico de la situación actual de comunicación en el edificio El Remanso Puerto Cabello estado Carabobo.

El edificio “El Remanso” se encuentra ubicado en Puerto Cabello, estado Carabobo, en la urbanización Rancho grande (Ver figura 30), en la calle 41 (ver figura 31 y 32). Dicho edificio cuenta con 7 pisos y 4 apartamentos por piso, más el del conserje en la planta baja (el cual actualmente se encuentra deshabitado). Lo cual da un total de 28 apartamentos y aproximadamente 4 personas por cada uno. Cada apartamento tiene de área, lo que da lugar para 3 cuartos, dos baños, sala de estar y cocina (ver figura 33).

La actual red de cobre de CANTV llega desde un poste (ver figura 34), el cual pasa al edificio por un conducto subterráneo (ver figura 35), conducido hasta una habitación en planta baja, donde se encuentra el tablero de control de luces y la acometida ADSL de CANTV (ver figura 36 y 37) desde donde se distribuye un par de cobre a cada apartamento, el cual tiene por propósito dar acceso a servicios telefónico y de datos.

Las familias del edificio, se han visto afectadas por la actual situación de las redes de comunicación de datos. Debido a estas condiciones, hay ausencia casi total de los servicios de telefonía y acceso a datos que ofrece la empresa CANTV al edificio El Remanso. En cuanto a las comunicaciones mediante operadoras de telefonía celular, Digitel ofrece un ancho de banda el cual varía dependiendo de la

hora del día y de las condiciones climáticas. Dicha operadora ofrece costos elevados (ver tabla 5) y una limitación en la cantidad de datos de carga y descarga.

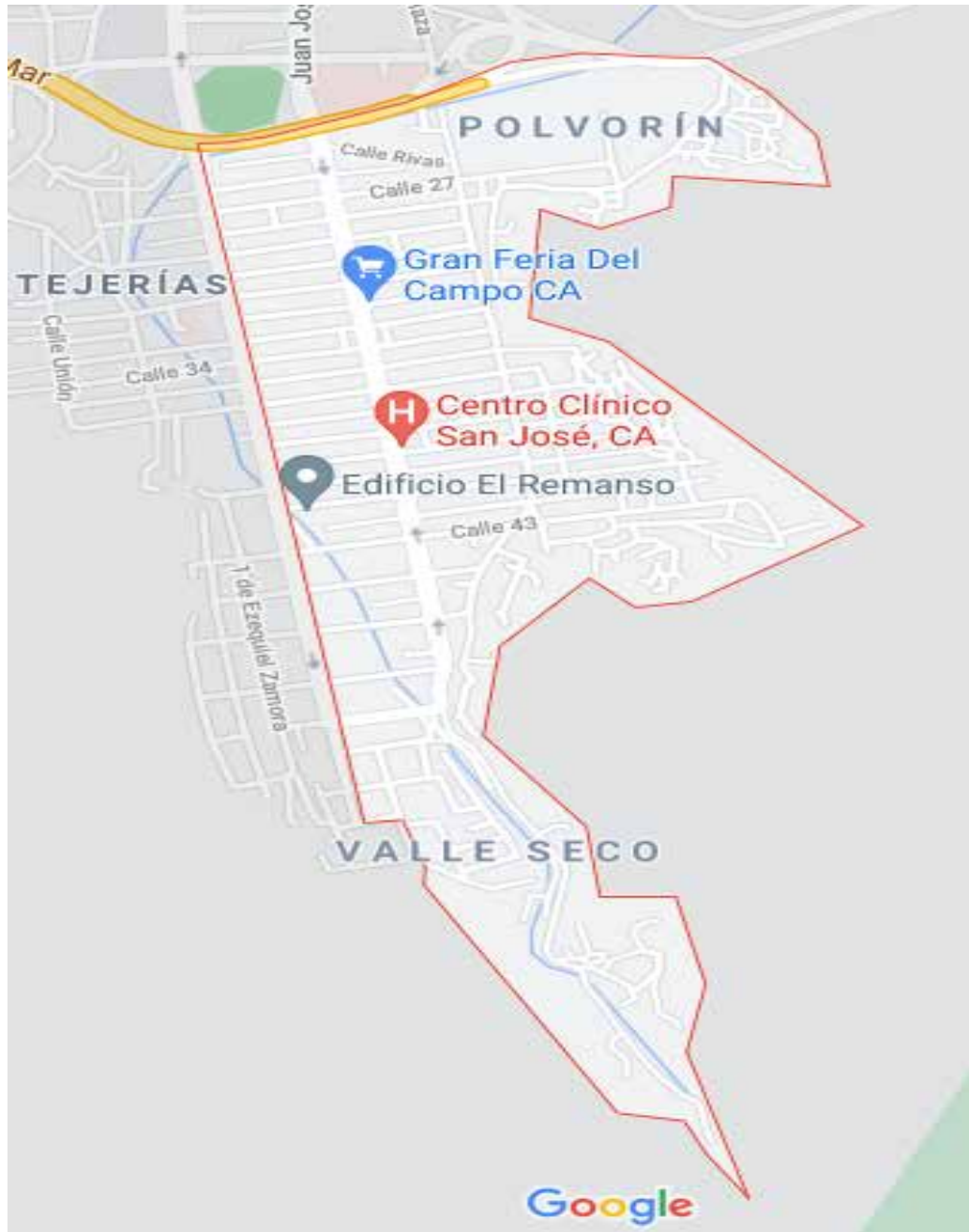


Figura 30: Urbanización Rancho Grande (google maps)

Fuente: <https://www.google.co.ve/maps/@10.4557088,-68.0029916,2167m/data=!3m1!1e3>



Figura 31: Edificio “El Remanso” Puerto Cabello (google maps)

Fuente: <https://www.google.co.ve/maps/@10.4547764,-68.0081767,57m/data=!3m1!1e3>

Tabla 5: Ancho de banda Digitel según hora del día en Edificio El Remanso

Hora del Día	Ancho de Banda (
Mañana 7:00 a.m.	3 Mbps
Medio día 12:00 p.m.	2.7 Mbps
Tarde 4:00 p.m.	2.3 Mbps
Noche 8:00 p.m.	1.7 Mbps
Media noche 12:00 a.m.	1.8 Mbps
Madrugada 3:00 a.m.	7 Mbps
Promedio del Día	3 Mbps

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)



Figura 32: Poste donde llega la línea de cobre de CANTV

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)



Figura 33: Alcantarilla que canaliza la línea de cobre de CANTV

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)



Figura 34: Cuarto de Tableros del edf. El Remanso

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)



Figura 35: Armario de distribución CANTV en edf. El Remanso

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

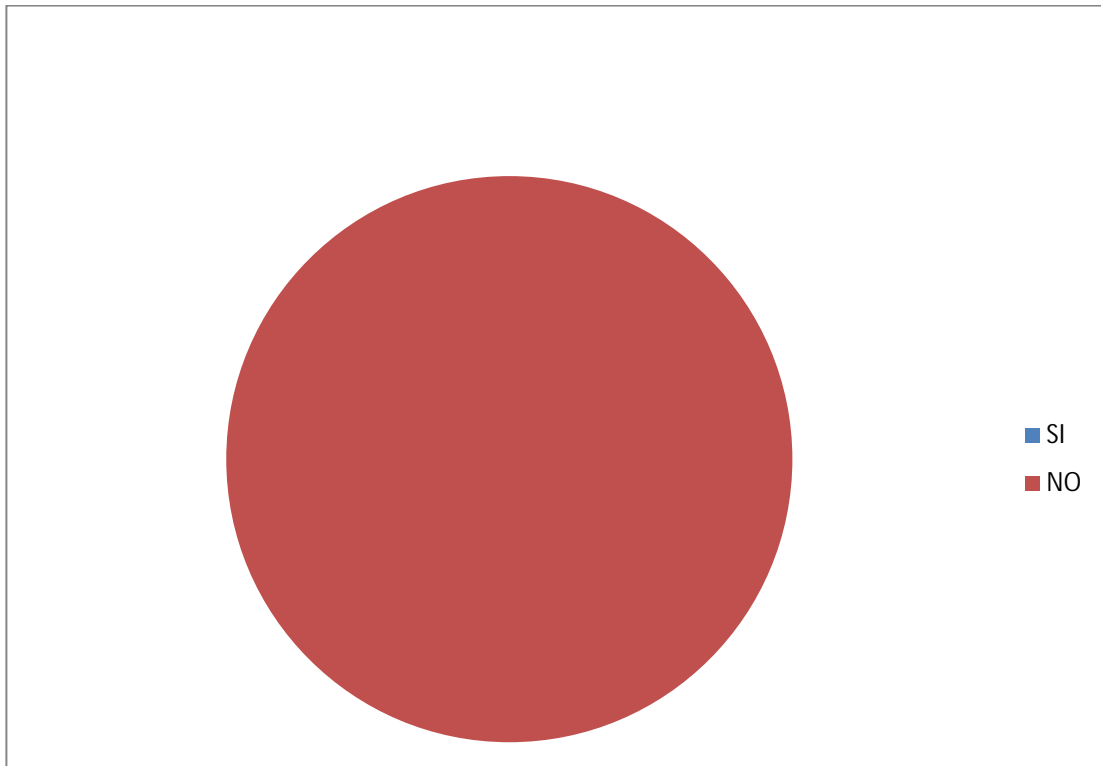
4.1.1 Encuestas

Para validar la información que se ha recolectado mediante la observación directa, se realizaron encuestas orales a una persona por apartamento en el edificio El Remanso, la cual registro los siguientes datos.

Preguntas	Si	No
1) ¿Posee usted servicios de internet mediante redes de cobre?		
2) ¿Considera usted que las comunicaciones mediante redes de cobre son eficientes?		
3) ¿Posee usted líneas de telefonía celular?		
4) ¿Cree usted que las comunicaciones de voz y datos mediante operadoras de telefonía celular son eficientes?		
5) ¿Tiene usted otro proveedor de servicios de internet además de CANTV?		
6) ¿Considera usted que los servicios de internet inalámbrico que ofrecen las empresas privadas tienen una buena relación costo/beneficio?		
7) ¿Conoce usted las redes GPON basadas en fibra óptica?		
8) ¿Sabe usted de las ventajas de las redes GPON basadas en fibra óptica?		
9) ¿Considera Usted que la implementación de una red GPON beneficie la calidad de comunicación de datos en el edificio El Remanso?		
10) ¿Estaría usted dispuesto a adquirir y cancelar mensualmente los planes que se ofrecen para las redes GPON?		

4.1.2 Resultados de las Encuestas

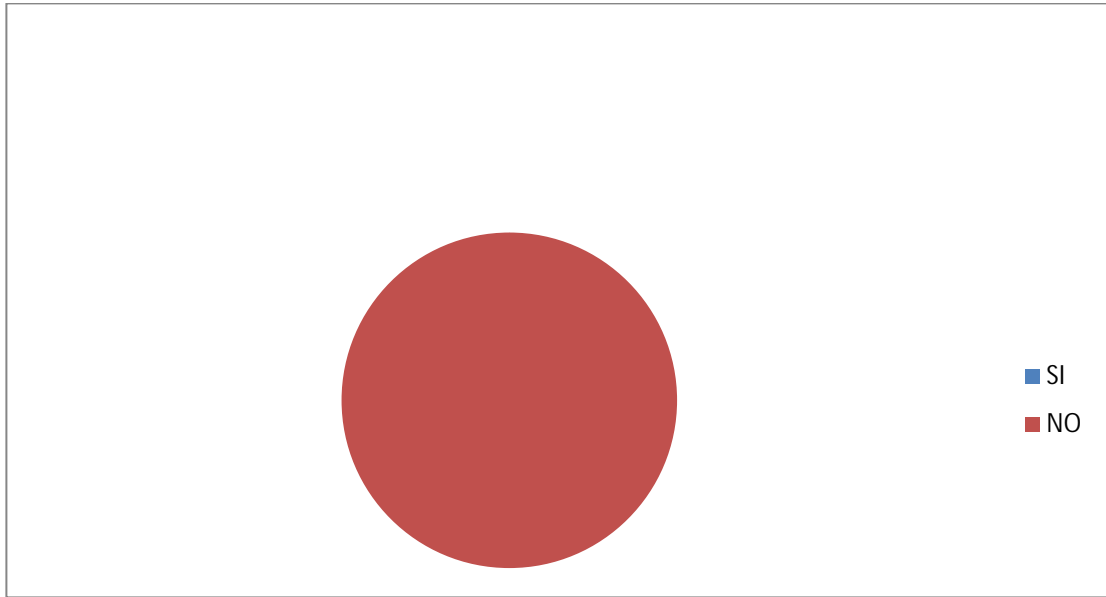
En el edificio el remanso, lugar donde se lleva a cabo este trabajo de grado, hay 28 apartamentos, por lo tanto se realizaron 28 encuestas, con 10 preguntas cada una en un tiempo de entre 5 y 10 minutos por encuestado. Las dudas que les surgieron a los encuestados en cada pregunta fueron aclaradas luego de respondidas. Podemos ver las gráficas de cada una de las preguntas a continuación.



Gráfica 1

Fuente: Chirinos y Madriz (2021)

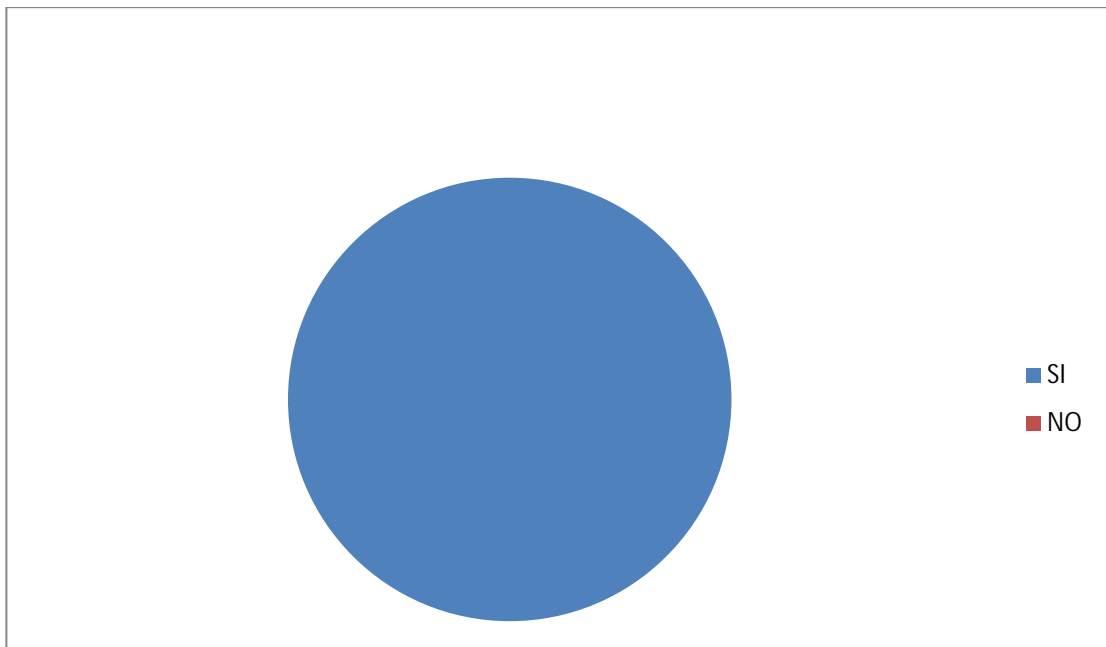
La Interpretación de la población encuestada, se asume como respuesta general a un NO. Esto representa un asombro, que se debe solucionar las redes de cobre.



Grafica 2

Fuente: Chirinos y Madriz (2021)

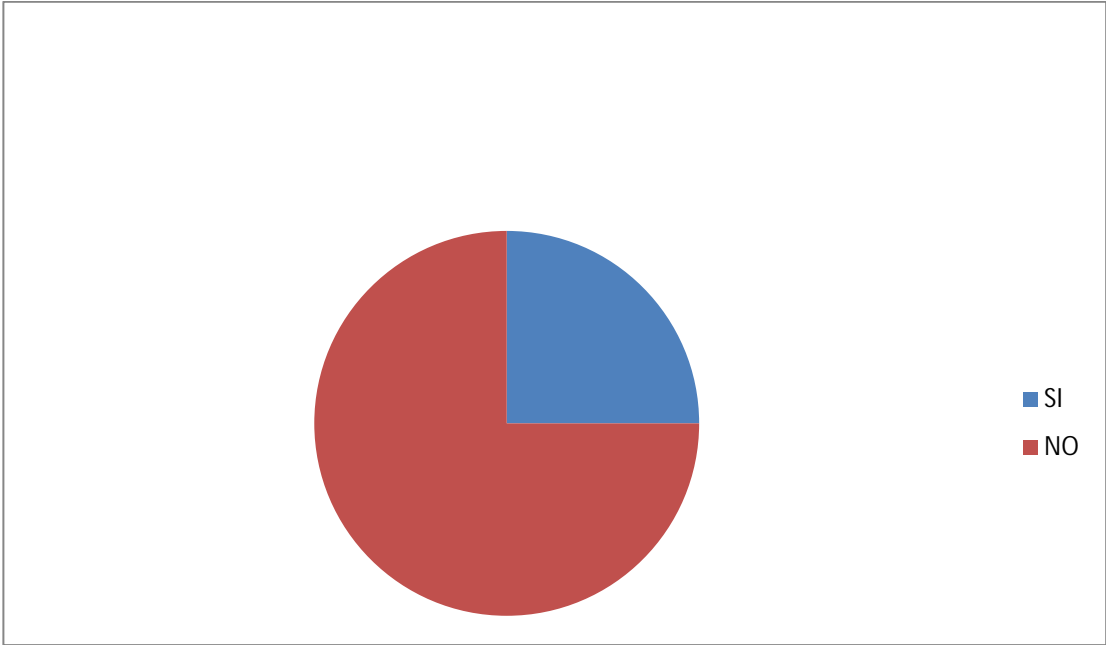
La Interpretación de la población encuestada, se asume como respuesta general a un NO.



Grafica 3

Fuente: Chirinos y Madriz (2021)

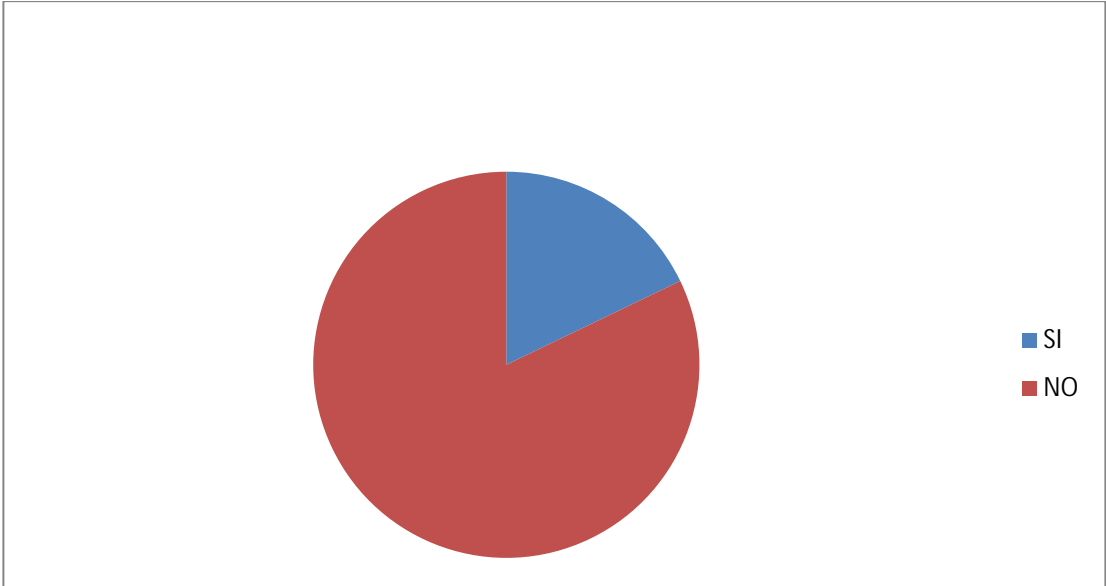
La Interpretación de la población encuestada, se asume como respuesta general a un SI.



Grafica 4

Fuente: Chirinos y Madriz (2021)

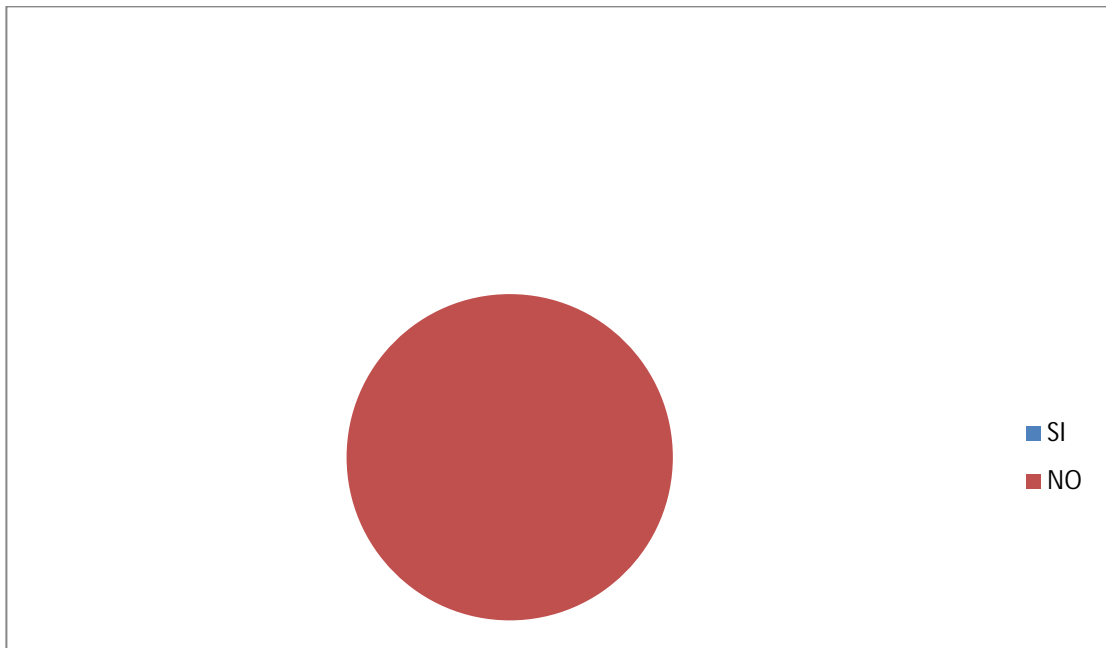
La interpretación que se estima, es variada ya que la señal de las operadoras telefónicas no es estable.



Grafica 5

Fuente: Chirinos y Madriz (2021)

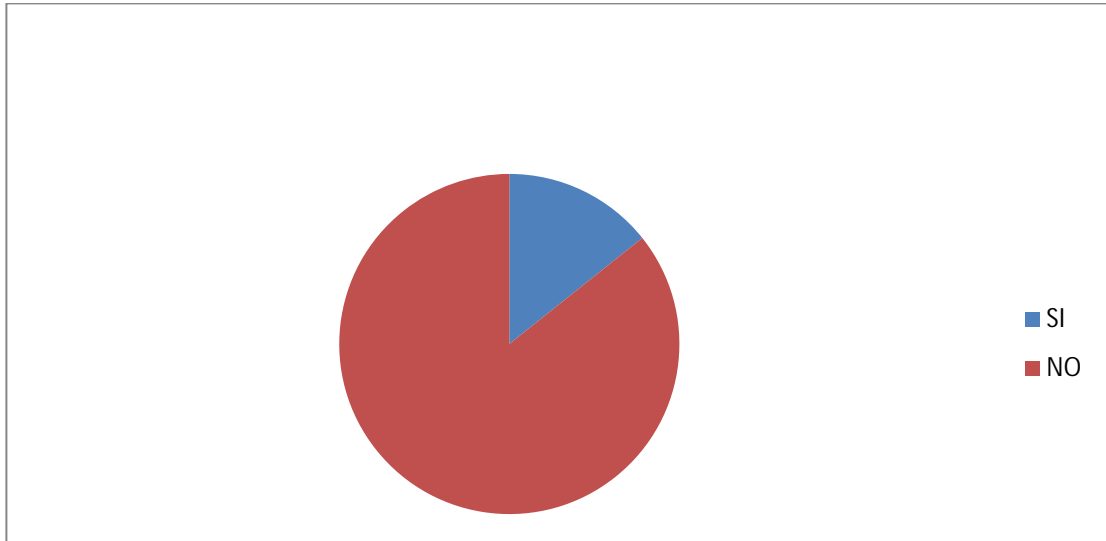
La interpretación demuestra que parte de la población encuestada opta aun no otras operadoras que ofrecen servicios de telecomunicaciones.



Grafica 6

Fuente: Chirinos y Madriz (2021)

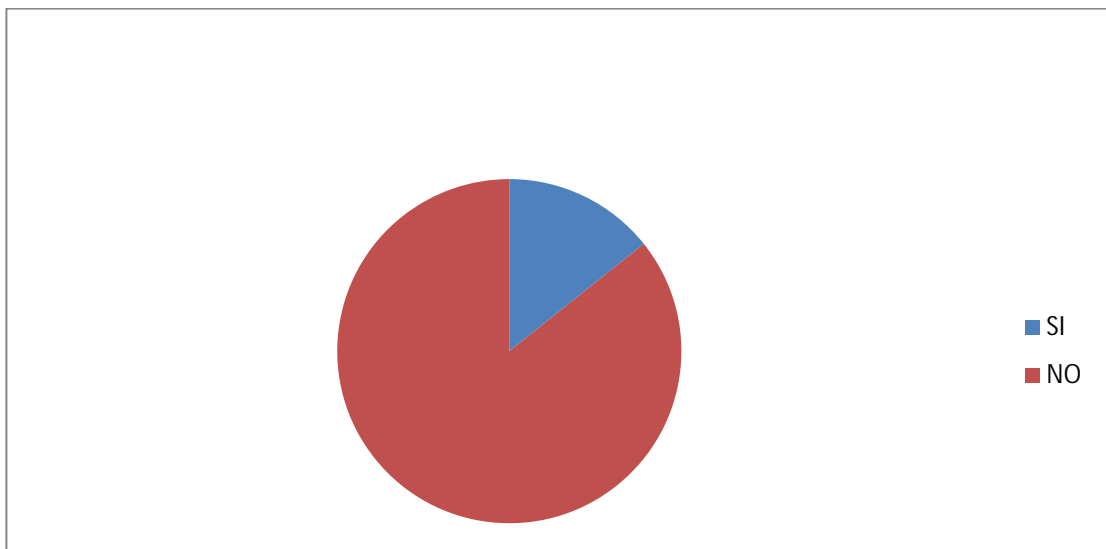
Se interpreta como respuesta general un NO, ya que no tienen conociendo de ningún servicio privado.



Grafica 7

Fuente: Chirinos y Madriz (2021)

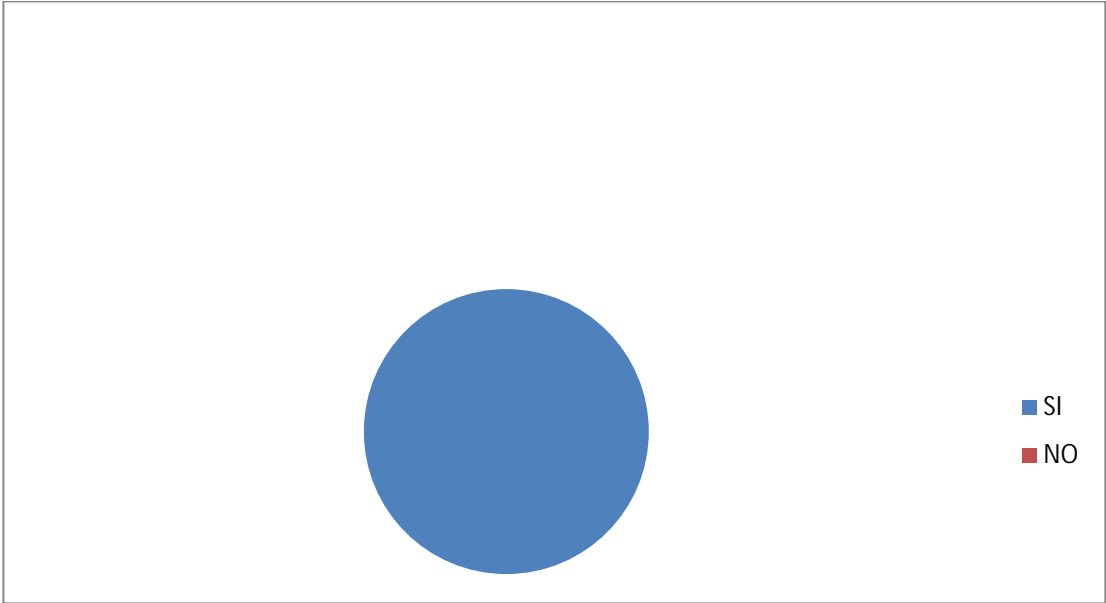
La interpretación es variada y no conclusiva, debido a que parte de la población no muestra conocimiento, Y el resto de la población ha escuchado o leído de la fibra óptica en las comunicaciones o solo visualiza la calidad de servicio en velocidad.



Grafica 8

Fuente: Chirinos y Madriz (2021)

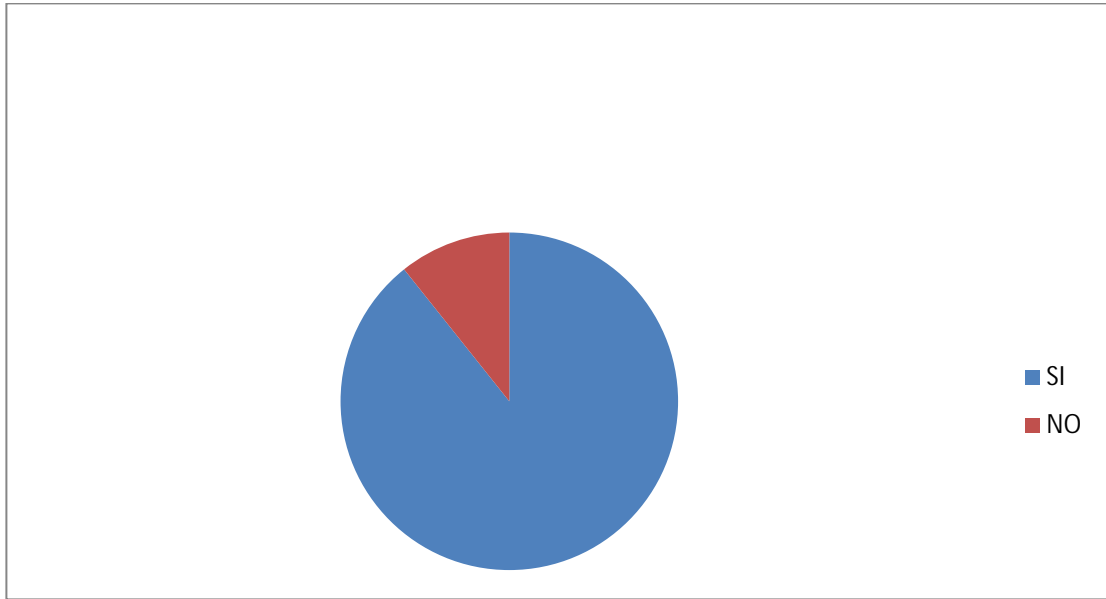
La interpretación que se estima, es variada ya que se desconoce este tipo de red, sus ventajas y benéficos, sin embargo otro grupo si conoce dicha red que existe en el mercado de las telecomunicaciones.



Grafica 9

Fuente: Chirinos y Madriz (2021)

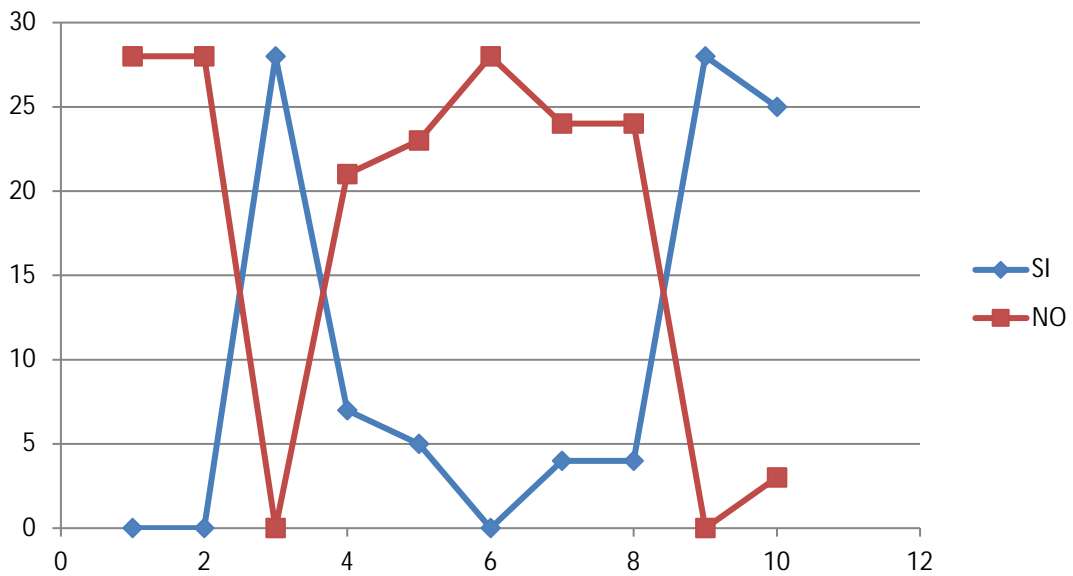
La interpretación en general, afirma que se debe implementar un nuevo servicio de más actualizado.



Grafica 10

Fuente: Chirinos y Madriz (2021)

Dentro de esta interpretación, de la mayoría población afirman que si están dispuestos en adquirir y asumir los costo de esta nueva red, mientras que una parte muy pequeña de la población su respuestas es que NO.



Grafica 11

Fuente: Chirinos y Madriz

4.2 Fase II. Determinación de los requerimientos para la red de comunicaciones.

En esta fase se seleccionaron las redes de comunicación de datos que brindan una solución significativa a la problemática diagnosticada en la fase 1, se realizó una comparación de las características, ventajas y desventajas que estas ofrecen, y se seleccionó la que ofreció más ventajas y mejores soluciones.

Como se vio en el marco teórico, para una red de comunicaciones hay dos tipos de medios; guiados y no guiados. Siendo los guiados los que se propagan por un medio físico como cables de cobre o fibra óptica, y los no guiados los que propagan la señal por el espacio.

De los medios guiados se seleccionaron las redes basadas en fibra óptica, y la restauración de las redes de cobre y su tecnología xDSL. De los medios no guiados se seleccionaron las microondas terrestres, las cuales ofrecen internet inalámbrico WISP; y la comunicación vía satélite, los servicios de internet satelital ofrecidos por STARLINK.

Las alternativas analizadas fueron las siguientes:

- Restauración de las redes de cobre ya existentes.
Este cable transmite los datos a través de señales eléctricas, lo cual, lo deja expuesto a interferencias de tipo electromagnéticas y hace que este tipo de conexiones no sean válidas para cubrir largas distancias. Este cable suele tener el tramo final de las conexiones HFC (Híbrido Fibra Coaxial)
- Implementación de redes de internet inalámbrico.
Es una tecnología que proporciona acceso a internet de alta velocidad a través de antenas conectadas con torres de radio transmisión. La conexión inalámbrica ofrece conexiones confiable de alta velocidad y megas ilimitados de descarga con una banda ancha continua y sin reducciones.
- Implementación de internet Satelital de Starlink.

El conocido como “tren” de satélites del proyecto Starlink de Elon Musk es inconfundible a su paso en la oscuridad del cielo nocturno. Starlink cuenta con 358 satélites en la órbita de la Tierra que integran su proyecto para ofrecer conectividad a internet sin limitaciones de infraestructura terrestre.

- Implementación de Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON).
La GPON (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit) es una tecnología de acceso de telecomunicaciones que utiliza cableado de fibra óptica para llegar hasta el usuario, es decir, la última milla se compone de fibra óptica. Esta tecnología de fibra óptica permite una mayor velocidad de transmisión y recepción de datos a través de una sola fibra con una arquitectura de punto a multipunto, permitiendo fibra óptica al hogar (FTTH) o a un edificio (FTTB); permite el acceso triple play (video, voz y datos).

Tabla 6: Comparación de alternativas

	Restauración xDSL (CANTV)	Internet inalámbrico (WISP)	Satelital (Starlink)	GPON (Fibex)
Cantidad de usuarios	48 por slot (DSLAM)	150 por antena	Global	1024 por slot (OLT)
Costo Mensual	15\$ 22 Mbps	40\$ 30 Mbps	100\$ 150 Mbps	40\$ 50Mbps
Capacidad (Mbps)	1 – 22	2 – 100	150	50 - 400
Costo de la Instalación (cliente)	Ninguno (Si cuenta ya con el modem)	300\$	500\$	100\$
Fallas por lluvia	Si	Si	Si	No
Instalación	No	Si	Si	No

en zonas remotas				
Falla por cortes de electricidad (respaldo eléctrico)	Si	Si	No	No
Baja latencia	No	No	No	Si

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

- Restauración xDSL (CANTV): Si bien es una opción que no tiene costo de instalación para los usuarios ya permite a los usuarios reutilizar los equipos con los que ya cuentan, que en su momento fueron adquiridos a la empresa CANTV cuando contrataron el servicio por primera vez. Sin embargo debido a las carencias y falta de mantenimiento por parte de esta empresa, el servicio falló. Tales equipos para recibir el servicio son, modems o modem-router y el cableado interno en las casas y edificios de las líneas telefónicas (El cual en muchos casos deberá ser sustituido, pero el costo corre por cuenta del usuario).

Debido a que el volumen de usuarios es mucho mayor que antes, hace que esta opción no sea factible, ya que los equipos solo soportan una cantidad de usuarios determinados, y para expandirlo es necesario un mayor número de equipos y por lo tanto una mayor inversión por parte de la empresa.

- Internet Inalámbrico (WISP): Esta solución tiene muchas ventajas, siendo la más notable que permite establecer un enlace punto a punto entre la antena en la residencia del abonado y la antena transmisora, sin la necesidad de una red cableada, y de esta forma dar acceso a internet a un gran número de usuarios. Dado que muchas zonas de Venezuela carecen de redes de fibra óptica, y las redes de cobre han quedado deterioradas y obsoletas, hace esta una solución bastante atractiva para los usuarios. Además ofrece planes con anchos de

banda aceptables para el usuario promedio, con costos que no están fuera del presupuesto de muchos. Pero las desventajas que dejan esta alternativa descartada son; la disminución del ancho de banda al momento de precipitaciones, interferencias u horas de mucho tráfico de datos, entorpeciendo la calidad del servicio; los costos de instalación son bastante altos para la mayoría de los usuarios, por lo cual no pueden optar por esta alternativa.

- La principal desventaja del internet satelital siempre ha sido la alta latencia, pero Starlink logro superar este inconveniente situando sus satélites (Orbita GEO), no a 36 mil Km, si no solo a 500 Km (orbita LEO). La latencia o ping, paso de más de 1000ms, a un aproximado de entre 40ms y 150ms. Solo será necesario ubicar la antena parabólica de starlink en una zona alta apuntando al cielo, donde al conectarla, ella sola se orienta para establecer la comunicación con los más de mil satélites que la empresa ha desplegado para dar cobertura a la mayor cantidad de zonas en el mundo que les sea posible alcanzar. Esta alternativa es bastante atractiva, sobre todo para usuarios ubicados en zonas donde no hay redes de cobre, fibra óptica, ni cobertura de redes telefónicas, ofreciendo anchos de banda excelentes para todos los requerimientos que los usuarios puedan tener en su día a día, y un proceso fácil de instalación. El mayor reto que actualmente tiene starlink y la razón por la cual queda descartada esta alternativa es por el alto costo del kit de instalación que incluye la antena y el modem. Este es un producto creado en un país donde el poder adquisitivo del público es mayor. La empresa desea dar cobertura global, por lo cual intentan reducir los costos, sin embargo no solo la instalación, si no la mensualidad es bastante elevada y fuera del presupuesto de la mayoría de los venezolanos.
- Finalmente las redes GPON basadas en fibra óptica, ofrecen anchos de banda que superan las expectativas del público en general en sus planes más básicos,

al momento de precipitaciones o interferencias el servicio no se ve afectado, con respaldo eléctrico el servicio continua sin interrupciones al momento de apagones, la latencia es baja, las zonas con infraestructura ya existente tienen costos de instalación menores que los de WISP y Starlink; cuotas mensuales con anchos de banda mucho mayores que los ofrecidos en WISP y mejores precios que Starlink si solicitamos un ancho de banda equivalente. La red ofrece una alta tasa de transferencia de datos y capacidades para un número de usuarios mucho mayor que las otras alternativas. Las redes GPON ofrecen escalabilidad, por lo que en el futuro podrán seguir siendo implementadas por nuevos estándares como se prevé para el 10GPON, el cual ofrecerá un mayor ancho de banda y mayor número de usuarios.

Por lo tanto la alternativa más conveniente para dar solución a la problemática diagnosticada en la fase 1 fue sin duda el diseño de una Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit para el edificio El Remanso en Puerto Cabello estado Carabobo.

4.3 Fase III. Diseño de una red GPON para el edificio El Remanso Puerto Cabello estado Carabobo.

En esta fase se realizó el diseño de una red GPON para el edificio El Remanso, ya que fue la alternativa más conveniente como se determinó en la fase 2. Esta alternativa fue la que se adaptó mejor a las necesidades y presentó mejores soluciones a la problemática planteada, teniendo en cuenta las condiciones de comunicación de datos diagnosticadas en la fase uno. Para el diseño de esta red GPON se tomaron como referencia equipos del fabricante Ubiquiti Networks. Esta empresa Estadounidense tiene una larga trayectoria como fabricante de equipos de telecomunicaciones, fue fundada en el año 2003.

La planificación ODN (red de distribución óptica) es fundamental para una implementación exitosa de GPON. Es esencial contar con un diseño de red bien planificado para garantizar que los abonados reciban una señal utilizable, permitan la capacidad de ancho de banda y el número de clientes en cada puerto GPON, y

ahorren costos. Esto se hace equilibrando la potencia óptica, la distancia, la atenuación y la capacidad de ancho de banda.

Se dividió la fase del diseño de la red GPON en 4 sub fases, las cuales consistieron en obtener la información y recomendaciones del fabricante de los equipos a utilizar, elaborar el plan de instalación de fibra óptica, calcular las pérdidas del enlace, y verificar el margen del sistema.

4.3.1 Recomendaciones para el diseño de una red GPON según el fabricante

Ubiquiti

Para la topología básica, se tendrá un enrutador como EdgeRouter Infinity, conectado con un cable DAC o Fiber utilizando módulos SFP +, que se conecta al puerto SFP + en el UF-OLT, a partir de la OLT comienza el diseño descrito en este trabajo. Luego, utilizando el módulo UF-GP-B + suministrado, conectará un cable de parche de fibra monomodo UPC a APC a un PLC Splitter. En este punto, suponiendo que se proporciona la cantidad adecuada de atenuación utilizando un divisor o atenuador, al conectar un Nano G ONU al divisor de PLC con un cable de conexión de APC a APC, se verá un indicador verde en la pantalla del Nano G que muestra conectividad. El rango de nivel de potencia óptica aceptable en la ONU es de -8 dBm a -28 dBm. En la figura 36 se puede ver como se conectan los dispositivos anteriormente descritos.

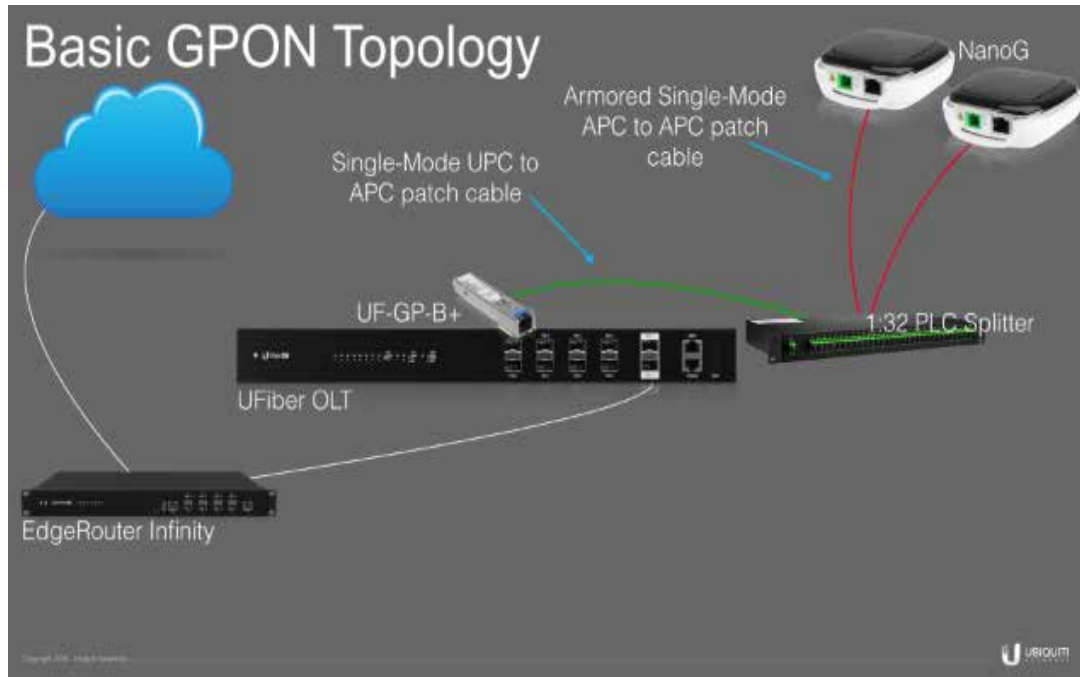


Figura 36: Topología Basica GPON

Fuente: <https://soporte.syscom.mx>

4.3.1.1 Atenuación

La atenuación es el factor más importante en el diseño de una red GPON y existen múltiples fuentes de atenuación discutidas en esta sección.

Nota Importante: al conectar un Nano G directamente al UF-GP-B + en el puerto PON del OLT puede dañar la óptica del Nano G y/o el OLT debido a que la potencia es demasiado alta. El rango de potencia óptica aceptable para el Nano G es de -8 dBm a -28 dBm. La salida del módulo UF-GP-B + es ~ 3 dBm. Por lo tanto, debe haber atenuación para proporcionar un nivel aceptable en la ONU. Esto también es un factor en la óptica aguas arriba donde la salida de la ONU es ~ 3 dBm sería demasiado alta y causaría daños al módulo UF-GP-B +.

En la siguiente sección, se cubre el cálculo de la potencia óptica. En primer lugar, debemos familiarizarnos con las fuentes de atenuación para poder utilizarlas en el diseño de la red. Las fuentes comunes de atenuación en la fibra son la longitud, los empalmes, los conectores y los splitters.

- Longitud

La atenuación ocurre a lo largo de la distancia de una carrera de fibra por kilómetro (Km) y difiere en las frecuencias aguas abajo y aguas arriba. ~ 0.3 dB por Km en 1490 nm de frecuencia descendente (OLT a ONT) y ~ 0.5 dB por Km en 1310 nm Frecuencia de subida (ONT a OLT). Los valores anteriores se usan en el cálculo para determinar la pérdida.

- Empalme

Cada empalme en una ejecución de fibra óptica representa ~ 0.1 dB (0.1 dB por Empalme), esto parece mínimo, sin embargo, como el recuento de empalmes en una sola carrera se suma, es importante considerar esta pérdida.

- Conectores

Cada conector representa una pérdida de ~ 0.6 dB en la ruta. Esto comienza desde el conector SC en el módulo UF-GP-B + y se agregan 0.6 dB para cada otro conector. Por ejemplo, el conector en el divisor, el conector fuera del divisor y el conector en la ONU.

- Splitters

Los Splitters también son esenciales en una red GPON para conectar múltiples ONU y se pueden usar para su ventaja en el diseño de una red. Aquí mostraremos la pérdida general de atenuación para cada proporción común de divisores.

Atenuación para relaciones de splitter comunes:

- Atenuación del splitter 1: 2 = 3.01 dB
- Atenuación del splitter 1: 4 = 6.02 dB
- Atenuación del splitter 1: 8 = 9.03 dB
- Atenuación del splitter 1:16 = 12.04 dB
- Atenuación del splitter 1:32 = 15.05 dB
- Atenuación del splitter 1:64 = 18.06 dB

Nota: Estos son valores generales de atenuación y cada proveedor de accesorios puede tener diferentes valores y generalmente están documentados con el producto.

4.3.1.2 Cálculo de niveles de potencia

Al diseñar la red de distribución de fibra óptica, el objetivo es calcular toda la atenuación en cada ejecución de fibra para garantizar que, al conectar la ONU en las instalaciones del cliente, recibirá un valor Rx de -8 dBm a -28 dBm. También es importante que el OLT Rx de la ONU también esté dentro del mismo rango.

4.3.1.3 Planificación de la capacidad frente a la cantidad de clientes

Al planificar la red GPON, es importante calcular el ancho de banda disponible en cada puerto PON en comparación con el número de clientes. A menudo hay una combinación de muchos clientes que requieren un ancho de banda relativamente bajo de alrededor de 50 a 100 Mbps y una cantidad menor de clientes que requieren un ancho de banda de 500 Mbps a 1 Gbps. Se sabe que en cada puerto PON en el UF-OLT puede proporcionar 2.488 Gbps en sentido descendente y 1.244 Gbps en sentido ascendente. En el caso raro de que se utilice una sola ONU en un único puerto PON, tenga en cuenta que el ancho de banda estará limitado por el puerto de cobre LAN de 1000 Mbps en la ONU.

4.3.1.4 Planificación con Splitters

Al diseñar la red es importante utilizar divisores para reducir costos, para así permitir llegar a las ubicaciones periféricas de los clientes más fácilmente y permitir una expansión futura. El siguiente ejemplo muestra una buena combinación de divisores para cubrir las ubicaciones de los clientes mientras se mantienen los valores en el rango de -8 dBm a -28 dBm.

En la figura 37, se calcula la potencia del OLT a la ONU y la ONU al OLT para asegurarnos de que cada cliente tenga una señal utilizable. También es importante calcular en la dirección inversa para asegurarse de que la diferencia de atenuación de la frecuencia de Upstream también permita un nivel de potencia utilizable.

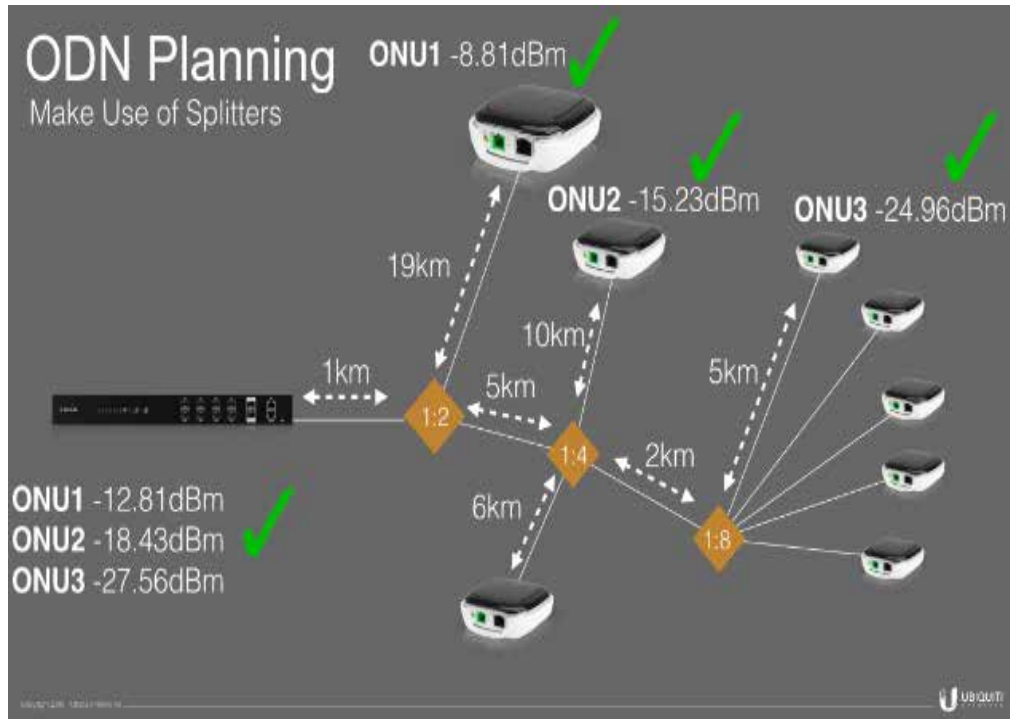


Figura 37: Planeación de Red de Distribución Óptica

Fuente: <https://soporte.syscom.mx>

Tabla 7: Recomendaciones del Fabricante.

Recomendaciones del Fabricante	
Diámetro de la fibra óptica	50/125 micrones.
Atenuación FO (Subida 1490nm)	0.3 dB/Km
Atenuación FO (Bajada 1310nm)	0.5dB/Km
Longitud máxima de la fibra	20 Km
Sensibilidad del receptor de OLT	-8 dBm a -28 dBm
Potencia a la salida del transmisor	3 dBm
Rango de potencia óptica ONT	-8 dBm a -28 dBm
Potencia de Salida de ONT	3dBm
Atenuación por empalme	0.1 dB
Atenuación Splitter 1:32	15.05 dB

Atenuación por conector	0.6 dB
-------------------------	--------



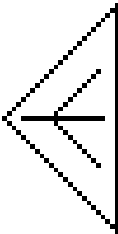


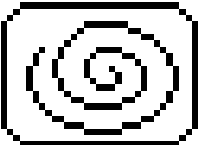
Fuente: <https://soporte.syscom.mx>

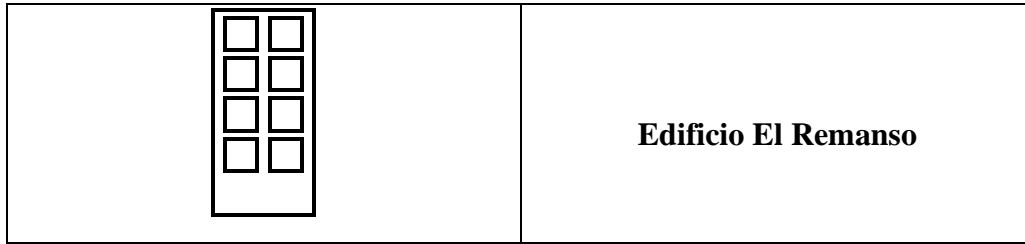
4.3.2 Plan de instalación de Fibra Óptica

En este punto, se verá la trayectoria completa de fibra óptica de la red GPON, y como se distribuyen a través de ella sus elementos, en múltiples figuras y tablas.

En la tabla 8 se muestran los símbolos que representan a los elementos de la red GPON que se encuentran en las figuras que ilustran el recorrido de la red, desde la OLT hasta el edificio, y luego en el interior del Edificio El Remanso.

Tabla 8: Representación de símbolos.

Símbolo	Nombre
	OLT
	Manga o MUFA (empalme)
	Splitter Optico
	ONT/ONU
	Tendido de Fibra Óptica
	Roseta Óptica (empalme)



Fuente: <https://soporte.syscom.mx>

La longitud de la fibra óptica desde la OLT a la manga es de 1.98Km; de la manga al splitter en el edificio es de 140m. Cada piso mide 2.50m, dado que el edificio es de 7 pisos, $2.50\text{m} \times 7 = 17.5\text{m}$ de vertical. Hay 10m desde el ducto hasta el apartamento, lo que quiere decir que desde el splitter, la ONT más lejana está a 27.5m.

En la figura 38 se observa el recorrido desde la OLT hasta la manga, y de la manga hasta el edificio, luego en la figura 39, mas ampliado desde la manga hasta el interior del edificio, el cual termina en el armario donde está ubicado el splitter. La longitud máxima de este tendido de fibra es de 2.12Km.

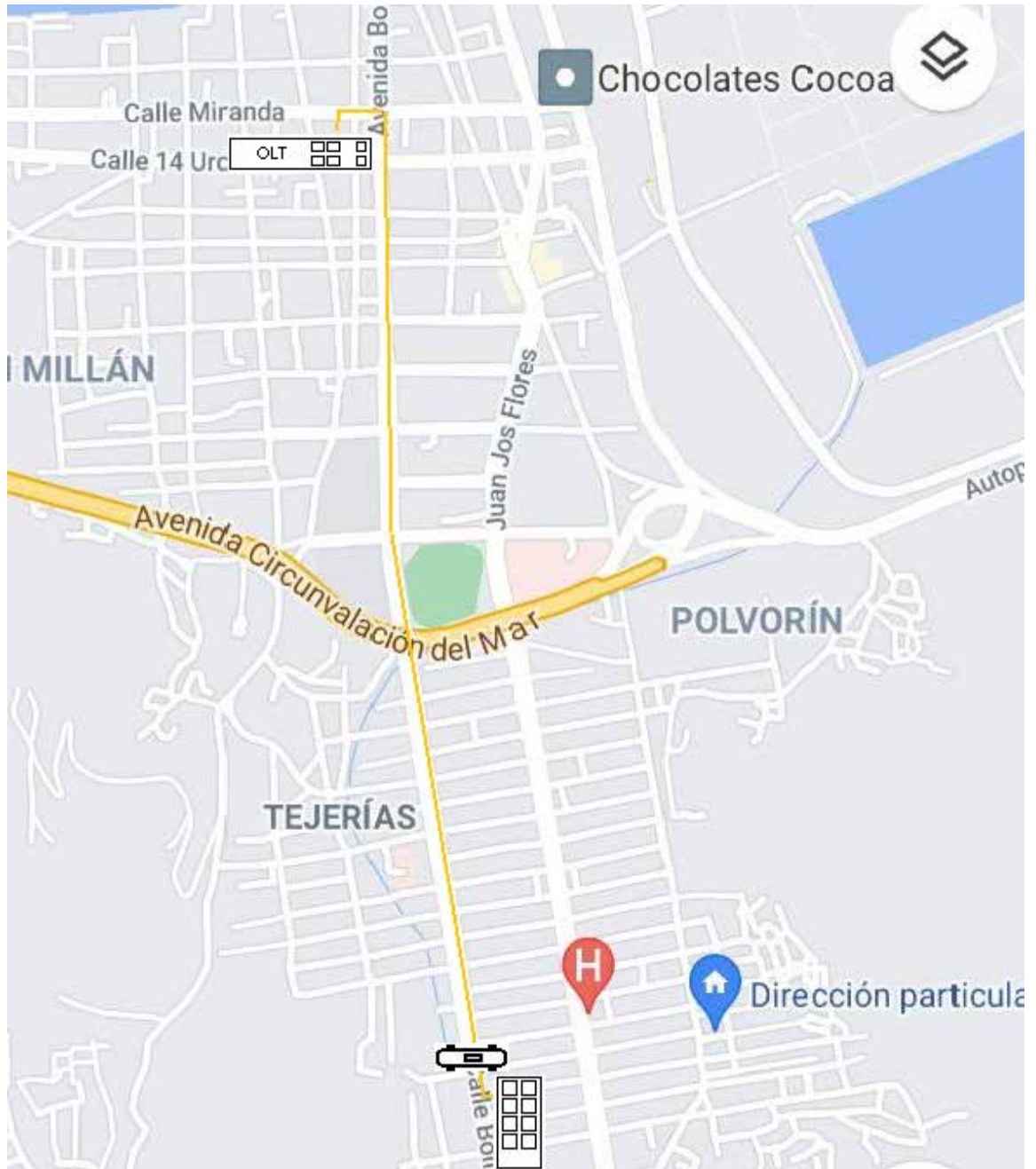


Figura 38: Recorrido completo desde la OLT hasta el edificio.

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)



Figura 39: Recorrido desde la manga hasta el splitter en el edificio.

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

En la figura 40 se puede ver un plano de la planta baja del edificio y como es el recorrido que la fibra lleva cuando ingresa en él. La fibra ingresa desde el poste ubicado frente al edificio, hacia un ducto subterráneo, el cual termina en el cuarto de tableros donde está ubicado el armario que almacena el splitter óptico.

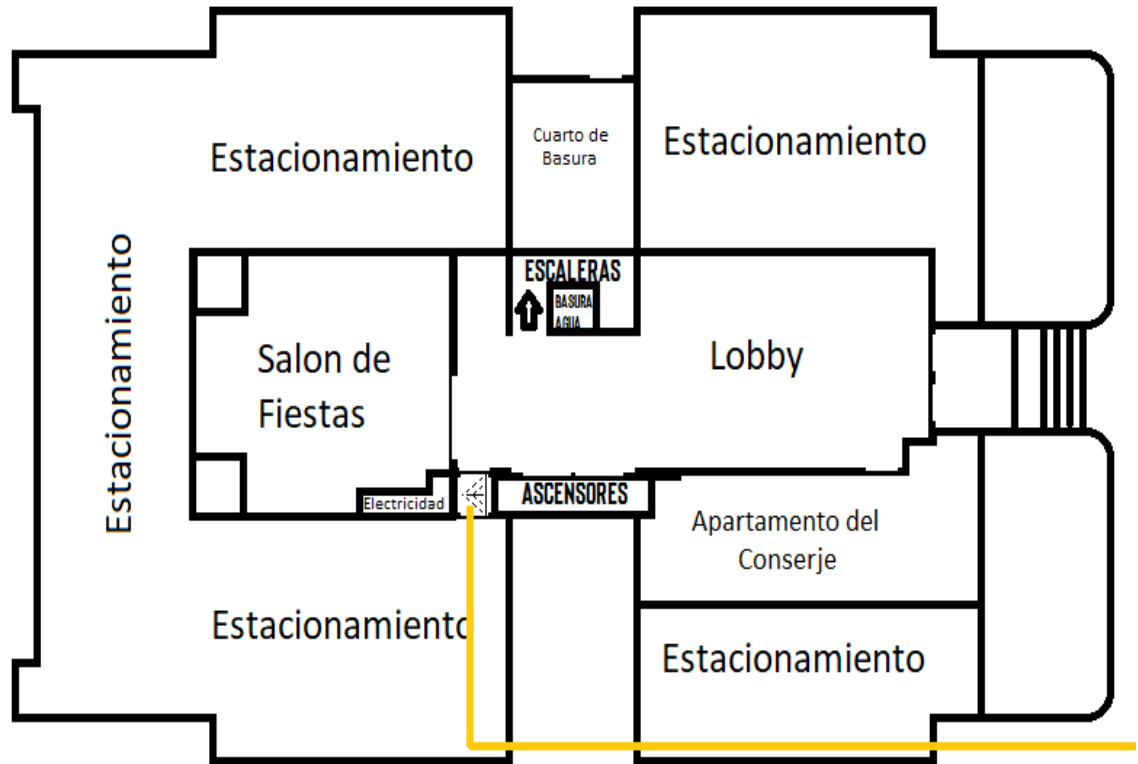


Figura 40: Recorrido dentro del edificio hasta el Splitter.

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

El splitter óptico está ubicado en planta baja, lo que quiere decir que para llegar a los apartamentos, la fibra debe pasar por el conducto interno del edificio más cercano al cuarto de tablero, y salir en cada piso. A partir de allí el recorrido de la fibra óptica es igual para cada piso, el cual se puede ver en las figuras 41 y 42. También se puede visualizar en 3D en la figura 44.

En la figura 43 se observa desde el exterior del edificio la acometida de vertical y como se ramifica por los pisos para llegar hasta cada apartamento. Serán 28 hilos de fibra, siendo los tramos más largos los que llegan hasta el piso 7.

Luego en la figura 45 se observa una ilustración del recorrido completo de la fibra desde la OLT hasta los apartamentos en cada piso con la longitud desde el splitter.

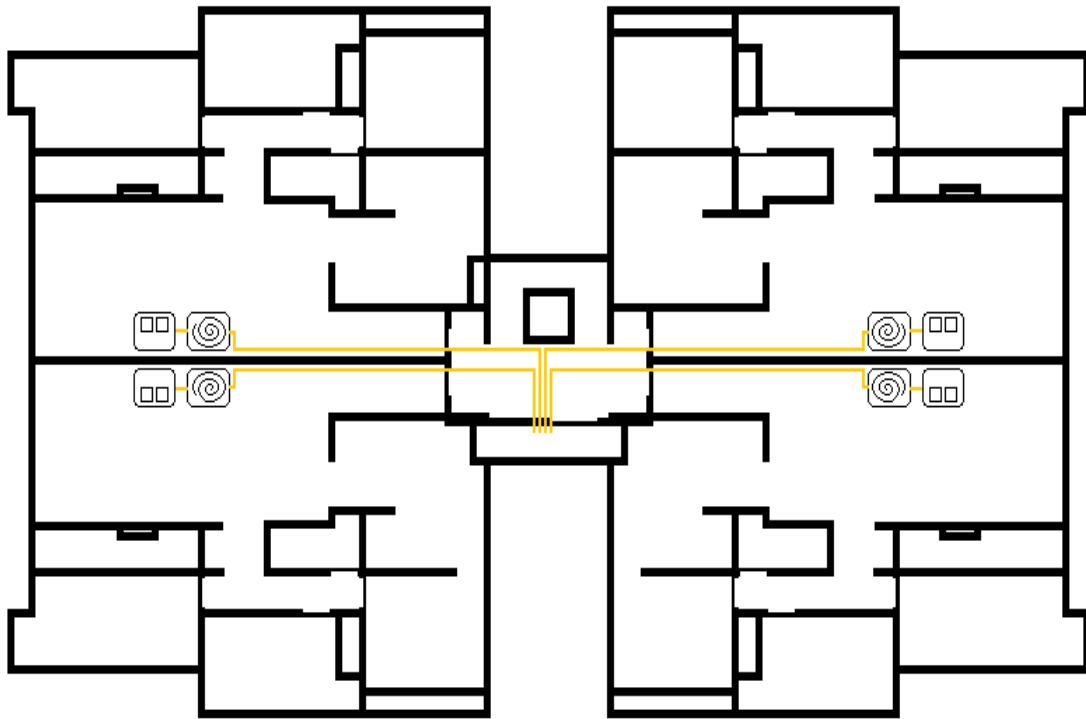


Figura 41: Recorrido en piso (1 - 7) hasta cada apartamento.

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)



Figura 42: Recorrido hasta un apartamento.

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

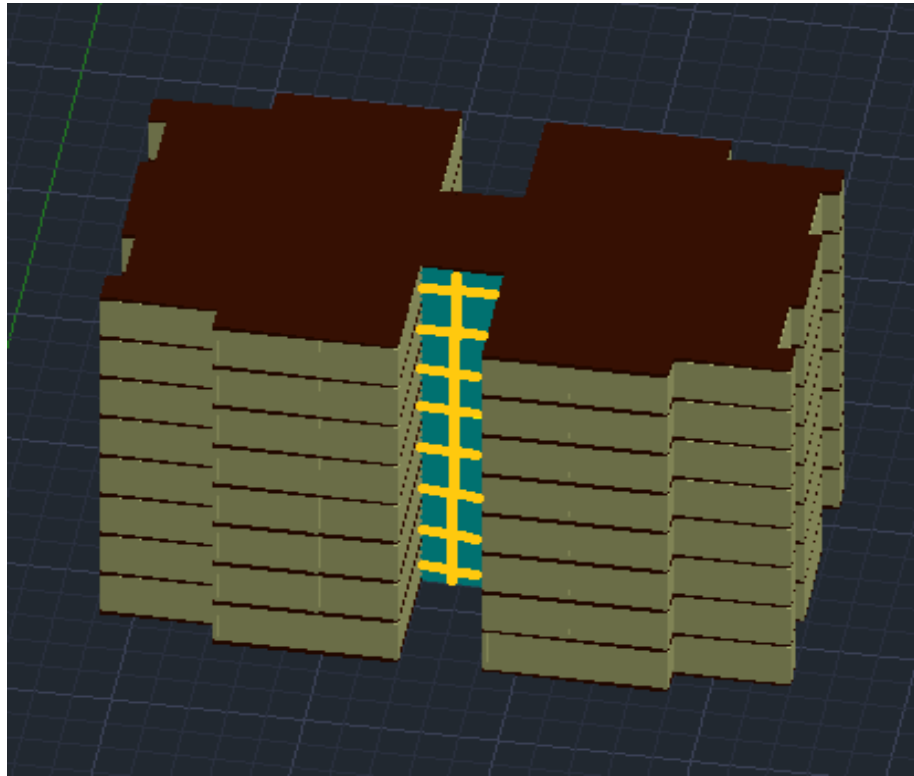


Figura 43: Vista 3D de la acometida de vertical desde el exterior del Edificio.

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

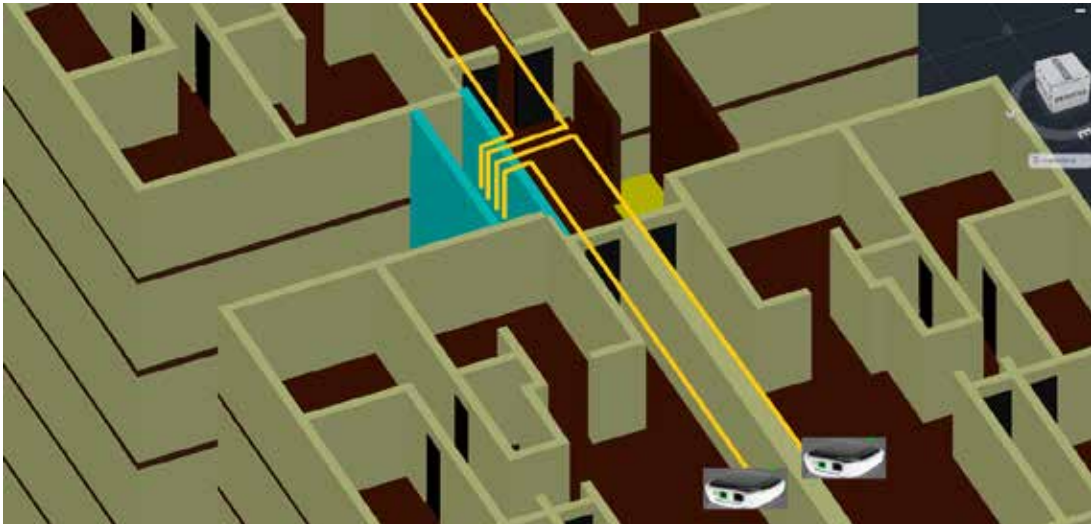


Figura 44: Vista 3D del recorrido en cada piso del Edificio.

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

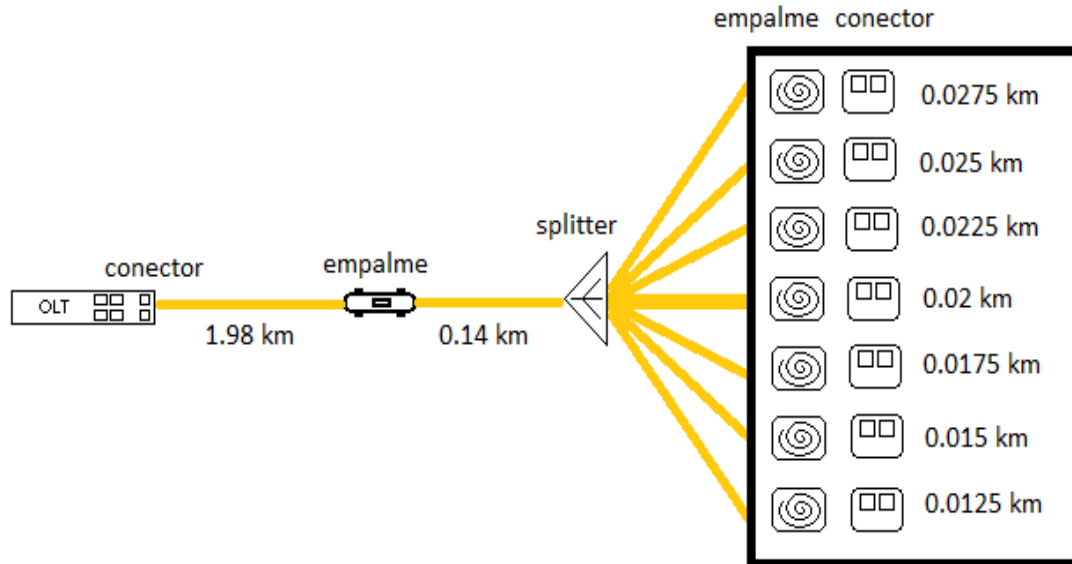


Figura 45: Diagrama del recorrido total hasta cada piso.

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

Tabla 9: Longitud de la FO hasta cada piso del Edificio.

Piso	Longitud Total
1	2.1325 km
2	2.1350 km
3	2.1375 km
4	2.1400 km
5	2.1425 km
6	2.1450 km
7	2.1475 km

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

Tabla 10: Elementos de la red y sus cantidades.

Elemento	Cantidad
OLT	1

Manga	1
Splitter	1:32
Conectores	56 (2 por ONT)
ONT	28
Roseta Óptica	28
Empalmes	29 (1 por ONT mas la manga)

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

4.3.3 Calculo de pérdidas del enlace

Según los datos que da el fabricante, los cuales se indican en la tabla 7, y Según los datos en el plan de instalación de fibra óptica, resumidos en las tablas 9 y 10, podemos hacer el cálculo de las pérdidas totales. Ya que en cada piso habrá una distancia diferente, se hará el cálculo de las pérdidas totales para cada uno.

En la tabla 11 se pueden ver las pérdidas por longitud de la fibra hasta cada piso; en la tabla 12, las pérdidas por empalmes, conectores, etc; y en la tabla 13 las pérdidas totales en cada piso.

Tabla 11: Perdidas por longitud de FO (Downstream).

Piso	Calculo de perdida	Perdida por longitud FO
1	2.1325 km x -0.3dB/km	-0.63975 dB
2	2.1350 km x -0.3dB/km	-0.64050 dB
3	2.1375 km x -0.3dB/km	-0.64125 dB
4	2.1400 km x -0.3dB/km	-0.64200 dB
5	2.1425 km x -0.3dB/km	-0.64275 dB
6	2.1450 km x -0.3dB/km	-0.64350 dB
7	2.1475 km x -0.3dB/km	-0.64425 dB

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

Tabla 12: Perdidas por elementos de la red GPON.

Elemento	Calculo de perdida	Total
Conectores	2 x -0.6dB	-1.2dB
Empalmes	2 x -0.1dB	-0.2dB
Splitter	1 x -15.05dB	-15.05dB

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

Tabla 13: Cálculo de Pérdidas y potencia recibida (Downstream).

Piso	Calculo de pérdida total (dB)	Potencia de transmisor - Pérdida Total	Potencia Recibida ONT
1	$(-0.63975 \text{ dB}) + (-1.2 \text{ dB}) + (-0.2 \text{ dB}) + (-15.05 \text{ dB}) = 17.08975$	3dBm - 17.08975 dB	-14.08975 dBm
2	$(-0.64050 \text{ dB}) + (-1.2 \text{ dB}) + (-0.2 \text{ dB}) + (-15.05 \text{ dB}) = 17.0905$	3dBm - 17.09050 dB	-14.09050 dBm
3	$(-0.64125 \text{ dB}) + (-1.2 \text{ dB}) + (-0.2 \text{ dB}) + (-15.05 \text{ dB}) = 17.0912$	3dBm - 17.09125 dB	-14.09125 dBm
4	$(-0.64200 \text{ dB}) + (-1.2 \text{ dB}) + (-0.2 \text{ dB}) + (-15.05 \text{ dB}) = 17.092$	3dBm - 17.09200 dB	-14.09200 dBm
5	$(-0.64275 \text{ dB}) + (-1.2 \text{ dB}) + (-0.2 \text{ dB}) + (-15.05 \text{ dB}) = 17.0927$	3dBm - 17.09275 dB	-14.09275 dBm
6	$(-0.64350 \text{ dB}) + (-1.2 \text{ dB}) + (-0.2 \text{ dB}) + (-15.05 \text{ dB}) = 17.0935$	3dBm - 17.09350 dB	-14.09350 dBm

7	$(-0.64425 \text{ dB}) + (-1.2 \text{ dB}) + (-0.2 \text{ dB}) + (-15.05 \text{ dB}) = 17.0942$	$3 \text{ dBm} - 17.09425 \text{ dB}$	-14.09425 dBm
---	---	---------------------------------------	-------------------------

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

Para el cálculo de la potencia recibida por la ONT se toma la potencia del transmisor, que es 3dBm y se resta la pérdida total. Como en este diseño tenemos una pérdida total para cada piso, se hará el cálculo de la potencia recibida por la ONT en cada uno de ellos, el cual se observa en la tabla 13.

Hasta ahora se han visto los cálculos de las pérdidas en sentido de la OLT a la ONT (Downstream), ahora se muestra un cálculo muy similar comenzando con 3dBm en la ONT y restamos todas las pérdidas regresando a la OLT (Upstream). La única diferencia es la atenuación en la frecuencia ascendente, 1310 nm (0,5 dB por Km) en lugar de la frecuencia descendente, 1490 nm (0,3 dB por Km). Por lo tanto la tabla 14 es muy similar a la tabla 11, pero con la diferencia en la pérdida por km. Luego en la tabla 15 se pueden ver las pérdidas desde las ONT en cada piso hasta la OLT tomando los mismos datos de la tabla 12.

Tabla 14: Pérdidas por longitud de FO (Upstream).

Piso	Calculo de perdida	Perdida por longitud FO
1	$2.1325 \text{ km} \times -0.5 \text{ dB/km}$	-1.06625 dB
2	$2.1350 \text{ km} \times -0.5 \text{ dB/km}$	-1.06750 dB
3	$2.1375 \text{ km} \times -0.5 \text{ dB/km}$	-1.06875 dB
4	$2.1400 \text{ km} \times -0.5 \text{ dB/km}$	-1.07000 dB
5	$2.1425 \text{ km} \times -0.5 \text{ dB/km}$	-1.07125 dB
6	$2.1450 \text{ km} \times -0.5 \text{ dB/km}$	-1.07250 dB
7	$2.1475 \text{ km} \times -0.5 \text{ dB/km}$	-1.07375 dB

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

En la tabla 15 se realiza el mismo cálculo que en la tabla 13, pero solo teniendo en cuenta las pérdidas por longitud en la frecuencia de subida, ya que los

demás datos son los mismos, incluyendo la potencia dada por la ONT de 3 dBm. Se calculan las pérdidas totales desde la ONT en los apartamentos de cada piso hasta la OLT.

Tabla 15: Cálculo de Pérdidas y potencia recibida (Upstream).

Piso	Calculo de pérdida total (dB)	Potencia dada por ONT - Pérdida Total	Potencia Recibida OLT
1	$(-1.06625 \text{ dB}) + (-1.2 \text{ dB}) + (-0.2 \text{ dB}) + (-15.05 \text{ dB}) = 17.5162$	3 dBm - 17.51625 dB	-17.51625 dBm
2	$(-1.06750 \text{ dB}) + (-1.2 \text{ dB}) + (-0.2 \text{ dB}) + (-15.05 \text{ dB}) = 17.5175$	3 dBm - 17.51750 dB	-17.51750 dBm
3	$(-1.06875 \text{ dB}) + (-1.2 \text{ dB}) + (-0.2 \text{ dB}) + (-15.05 \text{ dB}) = 17.5187$	3 dBm - 17.51875 dB	-17.51875 dBm
4	$(-1.07000 \text{ dB}) + (-1.2 \text{ dB}) + (-0.2 \text{ dB}) + (-15.05 \text{ dB}) = 17.5200$	3 dBm - 17.52000 dB	-17.52000 dBm
5	$(-1.07125 \text{ dB}) + (-1.2 \text{ dB}) + (-0.2 \text{ dB}) + (-15.05 \text{ dB}) = 17.5212$	3 dBm - 17.52125 dB	-17.52125 dBm
6	$(-1.07250 \text{ dB}) + (-1.2 \text{ dB}) + (-0.2 \text{ dB}) + (-15.05 \text{ dB}) = 17.5225$	3 dBm - 17.52250 dB	-17.52250 dBm
7	$(-1.07375 \text{ dB}) + (-1.2 \text{ dB}) + (-0.2 \text{ dB}) + (-15.05 \text{ dB}) = 17.5237$	3 dBm - 17.52375 dB	-17.52375 dBm

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

4.3.4 Verificar el margen del sistema

Para saber si la potencia recibida tanto por la ONT como por la OLT es la requerida para que los equipos trabajen correctamente, la potencia recibida debe estar dentro del rango aceptable, el cual es de -8dBm a -28dBm según los datos del fabricante en la tabla 7. En la tabla 16 se puede ver que la potencia recibida por las ONT en cada piso, y por la OLT, están dentro del rango aceptable, por lo cual se garantiza que el servicio funcionara correctamente para cada cliente.

Tabla 16: Rango Aceptable de potencia recibida.

Piso	Potencia Recibida ONT	Dentro del rango aceptable	Potencia Recibida OLT	Dentro del rango aceptable
1	-14.08975 dBm	Si	-17.51625 dBm	Si
2	-14.09050 dBm	Si	-17.51750 dBm	Si
3	-14.09125 dBm	Si	-17.51875 dBm	Si
4	-14.09200 dBm	Si	-17.52000 dBm	Si
5	-14.09275 dBm	Si	-17.52125 dBm	Si
6	-14.09350 dBm	Si	-17.52250 dBm	Si
7	-14.09425 dBm	Si	-17.52375 dBm	Si

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

La potencia mínima o sensibilidad del receptor, tanto de la ONT como de la OLT, es de -28dBm. La diferencia de la sensibilidad del receptor y la potencia total recibida se le denomina margen del sistema, el cual podemos ver en la tabla 17.

Tabla 17: Cálculo del margen del Sistema.

Piso	Potencia Recibida ONT	Margen del Sistema	Potencia Recibida OLT	Margen del Sistema
1	-14.08975 dBm	13.91025 dB	-17.51625 dBm	10.48375 dB
2	-14.09050 dBm	13.90950 dB	-17.51750 dBm	10.48250 dB
3	-14.09125 dBm	13.90875 dB	-17.51875 dBm	10.48125 dB
4	-14.09200 dBm	13.90800 dB	-17.52000 dBm	10.48000 dB
5	-14.09275 dBm	13.90725 dB	-17.52125 dBm	10.47875 dB
6	-14.09350 dBm	13.90650 dB	-17.52250 dBm	10.47750 dB
7	-14.09425 dBm	13.90575 dB	-17.52375 dBm	10.47625 dB

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

4.4 Fase IV: Evaluación de la factibilidad Técnico, Operativa, Económico, Social y Ambiental de la residencia El Remanso

El sistema se trata de una propuesta de diseño para una Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) para el edificio El Remanso Puerto Cabello estado Carabobo, es importante evaluar la factibilidad ya que de esta manera se conoce si

realmente la implementación de este proyecto es accesible para los habitantes del mismo.

4.4.1 Factibilidad económica

4.4.1.1 Costos

La Tabla 18 muestra la lista de materiales necesarios para el proyecto con sus respectivos costos. La mayoría de los precios presentados fueron obtenidos mediante pedidos de presupuestos en páginas web especializadas en la venta de equipos electrónicos y eléctricos industriales, algunas de ellas son nacionales y otras extranjeras. Se utilizaron presupuestos de la página oficial de Ubiquiti, Mercado Libre, Amazon, EBay y otros.

Tabla 18. Lista de materiales

ITEM	CANT.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1	UFiber OLT 4 Terminal Marca: Ubiquiti	Material: SGCC steel Medida: 299.8 X 258.95 X 42.55 mm Peso: 1.93Kg	\$1,189.00	\$1,189.00
2	1	UFiber Splitter 1:32 Marca: Ubiquiti	Modelo: UF-SPLITTER-32	43\$	43\$
3	28	Fiber Outlet Box (Roseta)	Modelo: DT-FTTH03	0.60\$	16.8\$
4	28	UFiber loco GPON CPE (ONT) Marca: Ubiquiti	Modelo: UF-LOCO	45.4\$	1271.2\$
5	2680m	Cable fibra Adss	Color negro	0.45 \$	1206\$

6	1	Manga de empalmes Marca: redesweb	Modelo: BT-48	72\$	72\$
7	1	GP-B+ Module (SFP) Marca: Ubiquiti	Modelo: UF-GP-B+	79\$	79\$
				TOTAL:	2628.2\$

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

4.4.1.2 Presupuesto del personal

El proyecto se llevara a cabo por 2 Ingeniero en telecomunicaciones; un supervisor y asistente técnico, y un ayudante para la instalación eléctrica. Trabajando 5 días hábiles, 8 horas diarias. La Tabla 19 muestra el costo de personal.

Tabla 19. Costo de mano de obra

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (\$)
1	Ing. Telecomunicaciones	Horas	60	5	300
2	Ing. Telecomunicaciones	Horas	60	5	300
3	Supervisor técnico	Horas	45	2	90
4	Asistente técnico	Horas	45	2	90
5	Ayudante de Instalación Eléctrica	Horas	45	2	90
				TOTAL	870 \$

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

En la tabla 20 se puede observar la propuesta de control y conceptos del personal encargado del proyecto.

Tabla 20. Tabla de Conceptos del personal

Personal	Característica
	Desarrollo del proyecto GPON Planos en Autocad

Ingeniero Telecomunicaciones	Supervisión de instalación Planeación Manejo de equipo Prueba de operación Instalación de los equipos de control como PLC y HMI
Supervisor técnico	Manejo de equipo Instalación de los equipos de OLT, ODF, FDT. Supervisión de la funcionalidad del proyecto
Asistente técnico	Montaje de los equipos de telecomunicaciones. Instalación de los equipos de OLT, ODF, FDT. Conexión de los equipos de GPON
Ayudante de instalación eléctrica	Canalización de las conexiones Pruebas de conexión.

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

En la tabla 21 se muestra el costo total del proyecto.

Tabla 21. Costo Total del Proyecto

Costo total de materiales	I.V.A. (16%)	Costo total de mano de obra	Costo total del Proyecto
2.682,2 \$	773,12\$	870 \$	4325,32 \$

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

En la tabla 22 se muestra el costo de la instalación por cada apartamento para llevar a cabo la implementación del proyecto.

Tabla 22. Costo por apartamento.

Costo total del Proyecto	Costo total entre la cantidad de apartamentos	Costo de instalación por apartamento
4325,32 \$	4325,32 \$ / 28 Aptos.	154,48\$

Fuente: Chirinos, Madriz (2021)

4.4.2 Factibilidad operativa

La viabilidad operativa de este trabajo de grado, consiste en el diseño para una Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) para el edificio El Remanso Puerto Cabello estado Carabobo, el cual este diseño mejora la calidad de conexión de todos los habitantes del edificio

El trabajo de grado cumple con la viabilidad operativa, ya que habrá una mejor eficiencia siendo el usuario si decide contar con este servicio. En este trabajo de grado para dar cumplimiento al objetivo principal y en cuanto a la factibilidad operativa se determinaron los siguientes factores:

- Aceptación y acogida por parte de los usuarios sobre las conexiones de telecomunicaciones a ofrecer.
- Atributos valorados por cada uno de los usuarios por la prestación de este tipo de servicios.
- Nivel de interés entre los usuarios en cada uno de los servicios y productos a ofrecer.
- Hábitos de consumo actuales de Internet de Banda Ancha en diferentes tipos de segmentos.
- Capacidades de pago.

4.4.3 Factibilidad técnica

La factibilidad técnica consiste en el funcionamiento del sistema, proyecto o idea, atendiendo a sus características tecnológicas y a las leyes de la naturaleza involucradas. La factibilidad técnica del presente trabajo del diseño para una Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) para el edificio El Remanso Puerto Cabello estado Carabobo es viable ya que consta de un sistema completamente tecnológico, por lo que este es mucho más óptimo y eficiente. Es por esto que los usuarios del edificio el Remanso constaran de un mejor servicio ya que actualmente ellos no cuentan con esto, con este diseño se creara una mejor calidad de vida en los usuarios, ya que proporcionar con Internet es de gran importancia para cada uno de ellos pues de eso depende sus labores cotidianas. Es por esto que la factibilidad técnica es muy importante ya que depende de la funcionalidad y calidad del servicio para mejorar la vida de los usuarios del edificio.

4.4.2 Factibilidad Social

Como se mencionó presente trabajo de investigación, el acceso por parte de las personas del servicio de Internet es eficiente y altamente costoso. Es por esto que este trabajo de grado se enfoca directamente en satisfacer las necesidades en materia del servicio de Internet a los habitantes del edificio El Remanso, y su implementación repercutiría en mejoras significativas en la calidad de vida de todos los habitantes del respectivo edificio.

En consecuencia, el presente trabajo de grado puede ser considerado como un proyecto social, ya que la misma busca generar mejoras en la calidad de vida de un entorno específico, en este caso en particular, los habitantes del edificio El Remanso. Existen distintos factores que permiten medir la viabilidad de un proyecto de este tipo, como la emergencia, el número de beneficiarios directos, soluciones y sostenibilidad.

- **Emergencia:** la Internet es un servicio indispensable para la vida del hombre. Ya que dependemos totalmente para poder vivir mejor y realizar todas

nuestras actividades laborales, ya que ahora el trabajo desde casa es muy común por la actual pandemia del Covid-19. Las deficiencias con el servicio de Internet actual en Venezuela trae consecuencias para las personas ya que no todos cuentan con un proveedor fijo, y contar con otras instituciones tienen un costo muy elevado ya que estos mismo no trabajan con un ancho de banda o Internet ilimitado si no un consumo en específico. De allí nace la importancia de trabajar en proyectos que busquen brindar soluciones a las necesidades de las personas en materia de sistemas de telecomunicaciones.

- **Número de beneficiarios directos:** con la implementación del presente trabajo de investigación se verían beneficiadas un aproximado 28 personas, las cuales presentarían mejoras significativas en su calidad de vida por contar con un servicio de Internet con calidad, rápido y seguro.
- **Soluciones:** el proyecto cumple con todos los objetivos planteados, por lo tanto, es una solución eficiente que servirá de gran ayuda a los habitantes del edificio El Remanso en Puerto Cabello, estado Carabobo.
- **Sostenibilidad:** los equipos y materiales que fueron recomendados para realizar el diseño para una Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON), requieren de un mantenimiento mínimo, y si son utilizados de la forma adecuada y en condiciones de trabajo óptimas, los mismos cuentan con una vida útil bastante grande.

4.4.3 Factibilidad Ambiental

El presente trabajo no genera ningún tipo de desechos que pueda ser considerado como nocivo para el medio ambiente, por lo que el grado de contaminación que el mismo genera puede ser considerado despreciable, por lo que el actual trabajo de investigación cumple con todos los requisitos o parámetros necesarios que garanticen su factibilidad ambiental.

CONCLUSION

Al finalizar a este trabajo de grado, en el cual se ha dedicado mucho tiempo y esfuerzo, se pudieron cumplir los objetivos planteados al inicio del mismo, además del conocimiento adquirido con su desarrollo el cual es de gran importancia para la planificación y diseño de futuras redes de comunicaciones que como profesionales en el área de telecomunicaciones debemos tener.

Se pudo concluir que hay una gran necesidad por parte de los usuarios en el edificio el remanso, de tener acceso a internet con un ancho de banda capaz de satisfacer la demanda de consumo de datos, y se demostró además lo importante que es en el día a día. Se demuestra la conveniencia para los usuarios invertir en la instalación de FTTH que cualquier otro método de acceso a internet como los vistos en la fase 2.

Se concluyó que es posible y factible la implementación de una red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit en el edificio El Remanso en Puerto cabello estado Carabobo, dando respuesta a la formulación del problema.

Mediante los cálculos realizados, se comprobó que para el trayecto seleccionado y con la cantidad de elementos requeridos, la potencia recibida está dentro del rango aceptable, tanto por la ONT descendente como por la OLT ascendente. Además se comprobó su factibilidad por lo tanto, este trabajo queda como propuesta para cualquier empresa que brinde servicios FTTH que pueda implementarlo, o un emprendedor el cual desee invertir en el fascinante mundo de las telecomunicaciones.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de la red GPON, debido a su gran ancho de banda, seguridad y principalmente bajo costo; sin embargo, quedará como elección del diseñador seleccionar correctamente de acuerdo a las necesidades que se requiera satisfacer.
- Es necesario que se demuestre a la población, usuarios y abonados la calidad y disponibilidad del servicio, garantizando así la confianza en un sistema seguro, por lo que se recomienda implementar esta nueva red en el menor tiempo posible ya que se considera rentable. Según los resultados obtenidos en el costo- beneficio el proyecto es viable.
- Con el fin de no introducir pérdidas adicionales no consideradas, se recomienda tener los cuidados propios de la manipulación y operación de fibra óptica, por ejemplo, limpieza de conectores, cortes de fibra compatible y empalmes.
- Dado que la OLT tiene más puertos PON, se recomienda hacer el tendido de fibra e instalación de la acometida en otros edificios para mayores ganancias por parte de la empresa que da acceso al servicio.
- Se recomienda usar solo ONT de la marca ubiquiti ya que solo estas son compatibles con la OLT.
- Se recomienda configurar la OLT para que distribuya equitativamente el ancho de banda a cada abonado.
- Se recomienda ampliar la red para disminuir el costo de instalación por parte de los usuarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaya Waldimar (2008) **Sistemas Ópticos con Multiplexacion por División en Código (OCDMA) empleando redes de difracción de Bragg sobre fibra óptica.** quantum technologies s.l
- Arias, Fidias (2012). **Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología.** Edición N° 6. Editorial Episteme.
- Becerra G. (2019) “**Sistema de telecomunicaciones con tecnología GPON para el restablecimiento del servicio de la zona industrial el Recreo de flor amarillo del municipio Valencia estado Carabobo.**” Universidad José Antonio Páez (UJAP) Venezuela
- Blyx.com (2015) **El Modelo OSI y los Protocolos de Red.** Recuperado de:
https://blyx.com/public/docs/pila_OSI.pdf
- Castro R. (2019) “**Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la Conexión de videocámaras para el distrito de San Martín de Porres**”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas en El Perú
- Daniel Anchondo (2021) **Ejemplo de diseño de una red GPON.** Recuperado de:
<https://soporte.syscom.mx/es/articles/1686234-ubiquiti-ufiber-ejemplo-de-diseno-de-una-red-gpon>
- Espinosa y Baque (2010) **Estudio, Análisis y propuesta de la implementación de una red GPON para la UCSG.** Guayaquil Ecuador.
- González Luis (2017) **Amplificadores Ópticos.** Recuperado de:
<https://ingenieriaelectronica.org/amplificadores-opticos-soa-edfas-y-raman/>
- Jon Postel, Steve Crocker y Vinton Cerf (2004) **Redes de Comunicaciones.** Recuperado de:
https://guimi.net/monograficos/G-Redes_de_comunicaciones/G-Redes_de_comunicaciones.pdf

- Onsiscom (2015) **Breve recorrido histórico de la fibra óptica**. Recuperado de:
<https://www.onsicom.es/breve-recorrido-historico-de-la-fibra-optica#:~:text=La%20historia%20de%20la%20fibra,e%20invent%C3%B3%20la%20fibra%20%C3%B3ptica>
- Pachas M. (2018) “**Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino**”
Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)
- Palella, S. Y Martins, F. (2010). **Metodología de la Investigación Cuantitativa**.
Caracas: Fedupel.
- Ptolomeo (2016) **Acopladores de Fibra Óptica**. Recuperado de:
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/8431/A3.pdf?sequence=3>
- Raffino María Estela (2020) **Fibra Óptica**. Recuperado de:
<https://concepto.de/fibra-optica/>
- Raffino María Estela (2020) **Fibra Óptica**. Recuperado de:
<https://concepto.de/fibra-optica/>
- Ramírez José Luis (2018) **La Dispersión Modal**. Recuperado de:
<https://www.prored.es/la-dispersion-modal/#:~:text=Es%20un%20fen%C3%B3meno%20que%20afecta,banda%20o%20distancia%20de%20transmisi%C3%B3n>.
- Rolando Castro (2019) **Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martín de Porres**.
Lima Perú.
- Textos Científicos (2005) **Tipos de fibras ópticas**. Recuperado de:
<https://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra>
- Zuri Mitzagui (2012) **Conversores de Luz-Corriente eléctrica**. Recuperado de:
<http://zurimitzagui.blogspot.com/2012/03/conversores-luz-corriente-electrica.html>
- Waldimar Amaya (2008) **Sistemas Ópticos con Multiplexación**

por División en Código (OCDMA) empleando redes de difracción de Bragg sobre fibra óptica. QUANTUM TECHNOLOGIES S.L

Zuri Mitzagui (2012) **Conversores de Luz-Corriente eléctrica.** Recuperado de:
<http://zurimitzagui.blogspot.com/2012/03/conversores-luz-corriente-electrica.html>