UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TESIS

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE DE FIBRA ÓPTICA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD Y COBERTURA DE TELECOMUNICACIONES EN EL DISTRITO DE LALAQUIZ - PIURA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

ELABORADO POR
Bach. Hernandez Sandoval Pablo
Bach. Yovera Huamán Mijail Hebert

ASESOR
M.Sc. Oscar Ucchelly Romero Cortez

LAMBAYEQUE – PERU
- 2019 -

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE DE FIBRA ÓPTICA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD Y COBERTURA DE TELECOMUNICACIONES EN EL DISTRITO DE LALAQUIZ - PIURA

Autores:

Bach. Pablo Hernandez Sandoval

Bach. Mijail Hebert Yovera Huamán

Asesor:

M.Sc. Oscar Ucchelly Romero Cortez

Docente Auxiliar

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

- 2019 -

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TESIS

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE DE FIBRA ÓPTICA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD Y COBERTURA DE TELECOMUNICACIONES EN EL DISTRITO DE LALAQUIZ – PIURA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LOS SIGUIENTES MIEMBROS DEL JURADO

APROBADO POR:

Ing. Hugo Javier Chiclayo Padilla
Presidente de Jurado

Ing. Carlos Oblitas Vera
Secretario de Jurado

Ing. Martin Nombera Lossio
Vocal de Jurado

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE DE FIBRA ÓPTICA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD Y COBERTURA DE TELECOMUNICACIONES EN EL DISTRITO DE LALAQUIZ – PIURA

AUTORES

Bach. Pablo Hernandez Sandoval

Bach. Mijail Hebert Yovera Huamán

ASESOR

M.Sc. Oscar Ucchelly Romero Cortez

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a Dios por estar conmigo en cada paso, brindándome fortaleza en todo momento para lograr los retos que me he propuesto.

A mis padres Alcides y Celia, quienes a lo largo de mi vida son mi fuerza, motivación; dándome su apoyo incondicional, demostrándome su amor y confianza.

A mis hermanos por el amor incondicional, por ser mi motivación y apoyo constante.

Pablo Hernandez Sandoval

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo va dedicado principalmente a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas.

A mis padres y hermanos, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

A todas las personas que me apoyaron y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que compartieron sus conocimientos y su valioso tiempo.

Mijail Hebert Yovera Huamán

Agradecimientos

A nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

A nuestros amigos que me brindaron su amistad incondicional, por aquellas risas de experiencias inolvidables, por las discusiones y por ayudarnos a ser mejor personas.

A nuestros docentes por impartir conocimientos que nos permitieron desenvolvernos en el mundo profesional, por su tiempo, dedicación y su valiosa amistad.

Al Ingeniero Alexander Díaz Acuña, quien nos orientó al principio y por tener siempre una buena predisposición a escucharnos.

A nuestro asesor el ingeniero Oscar Ucchelly Romero Cortez, por brindarnos su visión crítica, por ayudarnos a lograr uno de nuestros más grandes anhelos, ser profesionales.

Los autores

Resumen

En la actualidad es necesaria una red de Telecomunicaciones que admita altas capacidades de transmisión y para esto es necesario contar con una red de banda ancha, el Distrito de Lalaquiz - Piura ya que este no cuenta con dicha red, por lo que la presente tesis tiene como objetivo diseñar una red de transporte de fibra óptica que lo interconecte con todo el país.

El presente proyecto de tesis consiste en el diseño de una Red de Transporte de Fibra Óptica para la mejora de la calidad y cobertura de telecomunicaciones en el Distrito de Lalaquiz – Piura, que permitirá la interconexión a la red de Banda Ancha, trayendo consigo una serie de mejoras y beneficios en los ámbitos de la salud, la educación, la seguridad, etc.

Para el diseño de la Red de Transporte de Fibra Óptica se tomó en cuenta la utilización de tecnología de fibra óptica, así como de la red infraestructura eléctrica de media tensión y postes de baja tensión en algunos tramos de las redes viales disponibles, garantizando así una mejora en los Servicios de Telecomunicaciones con Ancho de Banda mínimo, calidad de Servicio y alta velocidad de transmisión requerida para el Distrito de Lalaquiz - Piura.

El primer capítulo, presenta los aspectos de la investigación, reconocemos los elementos presentes en la investigación, la hipótesis y los objetivos, que radican en la solución de una problemática detectada.

El segundo capítulo, presenta un estudio de geopolítico, económico y demográfico del Distrito de Lalaquiz - Piura. Estos factores en conjunto, marcarán las motivaciones del presente proyecto.

El tercer capítulo, presenta la recopilación de información documental para confeccionar el diseño de ingeniería, es decir, el momento en que establecemos cómo y qué información recogeremos y de qué manera la analizaremos.

El cuarto capítulo, presenta el diseño de la red de transporte planteado. Se muestra inicialmente el trazado de la red junto con la Plantilla de Diseño, la distribución de bobinas mencionando la fibra óptica a usar, junto con sus características más resaltantes, para finalmente presentar el Análisis de presupuesto de pérdidas estimada de la red de cables. Se concluye el capítulo.

Por último, se presentan las conclusiones del presente trabajo.

Abstract

Nowadays, a Telecommunications network is needed that supports high transmission capacities and for this it is necessary to have a broadband network, the District of Lalaquiz - Piura since it does not have such a network so this thesis has as objective to design a fiber optic transport network that interconnects it with the whole country.

This thesis project consists of the design of an Optical Fiber Transport Network to improve the quality and coverage of telecommunications in the Lalaquiz - Piura District, which will allow interconnection to the Broadband network, bringing with it a series of improvements and benefits in the fields of health, education, security, etc.

For the design of the Fiber Optic Transport Network, the use of fiber optic technology was taken into account, as well as the medium voltage electrical infrastructure network and low voltage posts in some stretches of the available road networks, thus guaranteeing a improvement in Telecommunications Services with minimum bandwidth, quality of service and high transmission speed required for the District of Lalaquiz - Piura.

The first chapter presents the aspects of the research, we recognize the elements present in the research, the hypothesis and the objectives, which lie in the solution of a problem detected.

The second chapter presents a geopolitical, economic and demographic study of the District of Lalaquiz - Piura. These factors together, will mark the motivations of the present project.

The third chapter presents the collection of documentary information to prepare the engineering design, that is, the moment in which we establish how and what information we will collect and how we will analyze it.

The fourth chapter presents the design of the proposed transport network. The layout of the network is shown initially together with the Design Template, the distribution of coils mentioning the optical fiber to be used, together with its most outstanding characteristics, to finally present the Estimated Loss Budget Analysis of the cable network. The chapter is concluded.

Finally, the conclusions of this work are presented.

Índice Abreviado

Resumen IV
Abstract VI
Índice Abreviado VIII
Índice X
1. Aspecto de la Investigación 1
1.1. Introducción 2
1.2. Planteamiento del Problema 2
1.3. Antecedentes 4
1.4. Hipótesis 11
1.5. Objetivos 11
2. Análisis del Distrito de Lalaquiz, Provincia de Huancabamba, Departamento Piura 12
2.1. Departamento de Piura 13
2.2. Distrito de Lalaquiz 14
2.3. Dimensionamiento 19
3. Redes de Banda Ancha 21
3.1. Introducción a las Redes de Banda Ancha 22
3.2. Tecnologías de Acceso a la Red 22
3.3. Fibra Óptica 23
3.4. Fuentes Ópticas y sus características 25
3.5. Conectorización Óptica 34
3.6. Componente de redes ópticas 54
3.7. Instalación de redes ópticas 59
3.8. Proyectos de Sistemas ópticos 65
3.9. Planta Externa 69

4. Diseño de Ingeniería 74
4.1. Red de Transporte óptico 75
4.2. Análisis del presupuesto de pérdida óptica estimada de enlaces de la red de cables 85
4.3. Planta Interna 89
4.4. Análisis económico del proyecto 90
5. Conclusiones y Recomendaciones 94
5.1. Conclusiones 95
5.2. Recomendaciones 96
Índice de Figuras 97
Índice de Tablas 100
Bibliografía 102
Glosario 103
Anexos 104

Índice

Resumen IVV
Abstract VI
Índice Abreviado VIII
Índice X
1. Aspecto de la Investigación 1
1.1. Introducción 2
1.2. Planteamiento del Problema 2
1.3. Antecedentes 4
1.4. Hipótesis 11
1.5. Objetivos 11
1.5.1. Objetivo General 11
1.5.2. Objetivos Específicos 11
2. Análisis del Distrito de Lalaquiz, Provincia de Huancabamba, Departamento Piura 12
2.1. Departamento de Piura 13
2.1.1. Población 13
2.2. Distrito de Lalaquiz 14
2.2.1. Ubicación Geográfica 14
2.2.2. Centros Poblados 15
2.2.3. Población 15
2.2.4. Aspectos Demográficos 17
2.2.5. Educación 17
2.2.6. Empleo 18
2.3. Dimensionamiento 19
3. Redes de Banda Ancha 21

3.1. Introducción a las Redes de Banda Ancha 22
3.2. Tecnologías de Acceso a la Red 22
3.3. Fibra Óptica 23
3.3.1. Fibra Óptica Multimodo 23
3.3.2. Fibra Óptica Monomodo 24
3.4. Fuentes Ópticas y sus características 25
3.4.1. Fuentes de Luz, Modulación y Multiplexación Óptica 25
3.4.2. Parámetros de Transmisión para Fuentes Ópticas 25
3.4.2.1. Constitución de las Fuentes Luminosas 25
3.4.2.2. Largo de Onda Central – Center Wavelength 25
3.4.2.3. Ancho Espectral – Spectral Width 26
3.4.2.4. Full Width Half Maximum – FWHM 26
3.4.2.5. Potencia Media – Average Power 27
3.4.2.6. Velocidad de Modulación/Frecuencia – Modulation Rate/Frequency 29
3.4.3. Fuentes Ópticas 29
3.4.3.1. Led 29
3.4.3.2. Laser (ILD) 29
3.4.3.3. VCSEL 31
3.4.4. Modulación y Multiplexación 32
3.4.4.1. Modulación 33
3.4.4.2. Multiplexación 33
3.5. Conectorización Óptica 34
3.5.1. Terminaciones Ópticas 34
3.5.2. Características 35
3.5.3. Conectorización 35
3.5.4. Perdida de Inserción 36
3.5.5. Reflectancia 36
3.5.6. Perdida Óptica de Retorno - ORL 37
3.5.7. Tipos de Pulimiento 38
3.5.7.1. FLAT 39
3.5.7.2. PC - Physical Contact 39
3.5.7.3. SPC - Super Physical Contact 40
3.5.7.4. UPC - Ultra Physical Contact 40

3.5.7.5. APC - Angled Physical Contact 40
3.5.7.6. Compatibilidad de los conectores 41
3.5.8. Procesos de conectorización 41
3.5.9. Conectores ópticos 42
3.5.9.1. Conector Monomodo ST-PC 43
3.5.9.2. Conectores Monomodo FC-APC 43
3.5.9.3. Conectores Monomodo E2000-APC 44
3.5.9.4. Conectores Monomodo ESCON 45
3.5.9.5. Conectores Monomodo SC-PC 46
3.5.9.6. Conectores Monomodo SC-APC 46
3.5.9.7. Conectores Monomodo LC/LC-PC 47
3.5.9.8. Conectores Monomodo MTRJ 48
3.5.9.9. Conectores Monomodo FC-PC 48
3.5.9.10. Conectores Monomodo y Multimodo MTP/MPO 49
3.5.10. Adaptadores ópticos 51
3.5.10.1. Adaptador óptico ST/ST - PC 51
3.5.10.2. Adaptador óptico SC/SC - PC 52
3.5.10.3. Adaptador óptico FC/FC - PC 53
3.5.10.4. Adaptador óptico MTP 53
3.6. Componente de redes ópticas 54
3.6.1. Accesorios ópticos de uso interno 54
3.6.1.1. Cordones ópticos de uso general 54
3.6.1.2. Cordón Zip-Cord 54
3.6.1.3. Cordón Monofibra 54
3.6.1.4. Cordón óptico COA-SM-DP y COA-NZD-DP 55
3.6.1.5. Cordón óptico COA-X-MF 55
3.6.1.6. Extensiones ópticas 55
3.6.1.7. Kit de extensiones ópticas conectorizadas para Dio 55
3.6.1.8. Distribuidor Interno Óptico 56
3.6.1.9. Módulo básico 56
3.6.1.10. Kit de bandeja de Empalme 12F o 24 F 56
3.6.1.11. Protectores de empalme 57
3.6.1.12. Fisa Optic Block (FOB) 57

3.6.2. Soluciones para ambientes de alta densidad 57
3.6.3. Caja de empalme óptico externo 58
3.7. Instalación de redes ópticas 59
3.7.1. Instalación de cables ópticos 59
3.7.2. Seguridad del trabajo. 59
3.7.3. Cuidado de cables ópticos 59
3.7.4. Instalación de cables internos 62
3.7.5. Instalación aérea 63
3.7.6. Cajas de Empalme 64
3.7.7. Empalmes ópticos 64
3.7.7.1. Procedimiento para empalme óptico 65
3.8. Proyectos de Sistemas ópticos 65
3.8.1. Sistemas ópticos de Comunicación 65
3.8.2. Dispositivos y Equipos de Sistemas y Subsistemas ópticos 66
3.8.3. Transmisor óptico 66
3.8.4. Receptor óptico 67
3.8.5. Amplificador óptico 67
3.8.6. Arquitectura de Sistemas ópticos de comunicación 68
3.9. Planta Externa 69
3.9.1. Tipo de cable / Span 69
3.9.2. Flecha máxima 69
3.9.3. Tipos de herrajes 70
3.9.3.1. Herraje de Retención 70
3.9.3.2. Herraje de Suspensión 71
3.9.4. Nomenclatura para la elección de Ferretería 73
4. Diseño de Ingeniería 74
4.1. Red de Transporte óptico 75
4.1.1. Ingeniería de Detalle 76
4.1.1.1. Planeamiento del Trabajo 76
4.1.1.2. Levantamiento de la postería de las redes eléctricas 77
4.1.1.3. Evaluación de los postes por altura 78
4.1.1.4. Proyección de postes de apoyo y nuevos en la ruta de las redes eléctricas 79
4.1.2. Plantilla de Diseño 80

4.1.3. Distribución de bobinas 84
4.2. Análisis del presupuesto de pérdida óptica estimada de enlaces de la red de cables 85
4.2.1. Atenuación del cable de fibra óptica 86
4.2.2. Pérdida de Inserción del conector 86
4.2.3. Pérdida por empalmes 87
4.2.4. Pérdida de Atenuación total del Enlace 87
4.2.5. Estimación del factor de seguridad 88
4.3. Planta Interna 89
4.4. Análisis económico del proyecto 90
5. Conclusiones y Recomendaciones 94
5.1. Conclusiones 95
5.2. Recomendaciones 96
Índice de Figuras 97
Índice de Tablas 100
Bibliografía 102
Glosario 103
Anexos 104

1. Aspecto de la Investigación

En la actualidad se necesita de una red de Telecomunicaciones que soporte altas capacidades de transmisión y para esto es necesario contar con una red de banda ancha, en el Distrito de Lalaquiz no se cuenta con dicha red por lo que la presente tesis tiene como objetivo diseñar una red de transporte de banda ancha que interconecte al Distrito mediante Fibra óptica.

1.1. Introducción

Se sabe que la necesidad de comunicarse fue uno de los factores primordiales para el auge de la sociedad, siendo la distancia un impedimento, convirtiéndose en su principal interés el mejorar la comunicación a distancia.

El hombre ha querido reducir la distancia física. Es así que, desde señales de humo, siguiendo con la aparición del telégrafo eléctrico hasta llegar al surgimiento de la actual Internet. La distancia, se ha visto acortada con los avances tecnológicos, que el hombre actual ha construido hasta lograr resultados que han transformado el pensamiento humano y la forma de comunicarse.

En el presente se necesita de una red de Telecomunicaciones que admita altas capacidades de transmisión y para esto es necesario contar con una red de banda ancha, apta para las futuras necesidades que implican la creciente demanda de servicios de Telecomunicaciones.

El Distrito de Lalaquiz no cuenta con dicha red por lo que la presente tesis tiene como objetivo diseñar una red de transporte de Fibra óptica que lo interconecte con todo el país.

1.2. Planteamiento del Problema

En las últimas décadas se ha observado como las telecomunicaciones han tenido un desarrollo exponencial dado las necesidades actuales de la sociedad.

Teniendo en cuenta este crecimiento, se observa a las telecomunicaciones como un servicio indispensable para mejoras potenciales en los sectores de salud, comunicación, comercio, etc.

Este crecimiento no se ve reflejado en todo el País, la extensión del territorio como la accidentada geografía hacen que la interconexión sea una tarea complicada, siendo esto un impedimento para la inversión por parte de las Operadoras.

Tenemos el Distrito de Lalaquiz, uno de los ocho que integran la provincia de Huancabamba, ubicada en el Departamento de Piura en el norte de Perú, con una población total según INEI de 3 871 habitantes.

¿Podrá la implementación de este proyecto mediante una red de transporte de fibra óptica como una solución de infraestructura de telecomunicaciones en el distrito de Lalaquiz, puede mejorar la calidad y cobertura de telecomunicaciones ante la creciente demanda de servicios como internet de banda ancha, almacenamiento y procesado de aplicaciones en nube?

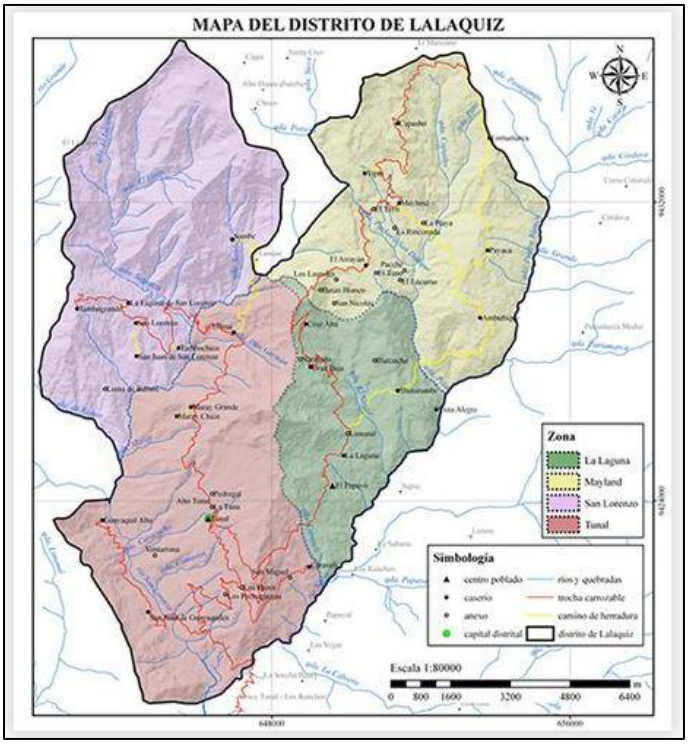

Figura 1.1. Distrito de Lalaquiz

1.3. Antecedentes

- Lima – Perú, 2013. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de ciencia e ingeniería.

"Diseño de una red de banda ancha para la región de Cajamarca"

Resumen:

En la actualidad se necesita de una red de Telecomunicaciones que soporte altas capacidades de transmisión y para esto es necesario contar con una red de banda ancha, la región de Cajamarca no cuenta con dicha red por lo que la presente tesis tiene como objetivo diseñar una red de banda ancha que interconecte todas sus provincias y que se pueda conectar con todo el país.

Se describe la situación actual de la Región de Cajamarca en el campo socioeconómico, demográfico y de los servicios de las Telecomunicaciones y estos son el servicio de la telefonía móvil, fija y de la televisión por paga y con esto nos damos cuenta que la penetración del uso de esto servicios en la Región ha ido incrementando. Con los datos de la población por provincias se podrá proyectar la población en 10 años y con esto podremos conocer la cantidad de usuarios por provincial de este proyecto.

Para un diseño óptimo de la red no solo es necesario la proyección poblacional sino también se tomará en cuenta el factor de capacidad económica, ya que cada sector socioeconómico (A, B, C, D y E) tiene requerimientos diferentes de velocidad de transmisión de los servicios de Telecomunicaciones, con estos factores se hará la proyección de la demanda provincial de la Región de estos servicios en 10 años.

Debido a que la Región de Cajamarca cuenta con la infraestructura eléctrica necesaria para conectar a las provincias, dicha infraestructura se toma como basa para el diseño de la red, teniendo un nodo en cada provincia y con una topología principalmente de anillo tenemos un total de 800.5 Km de tendido de fibra óptica. En el capítulo 3 se detalla el diseño de la red y la velocidad de transmisión requerida por nodo y en su totalidad de la red.

En el cuarto y último capítulo se realiza el CAPEX y OPEX y haciendo los cálculos de VAN y TIR se demuestra la viabilidad del proyecto, todas las proyecciones se hicieron en un intervalo de 10 años.

- Madrid – España, 2014. Universidad politécnica de Madrid, Escuela técnica superior de ingeniería y sistemas de telecomunicaciones.

"Diseño de una red de acceso mediante fibra óptica"

Resumen:

Con el objetivo de consolidar los conocimientos en Sistemas de Telecomunicación, se pretende diseñar una red para la distribución de servicios avanzados, como televisión, internet de banda ancha y telefonía, mediante el uso de la tecnología FTTH.

La red será totalmente pasiva, óptica, y de gran ancho de banda, Tipo PON (Passive Optical Network), de manera que el haz de luz del emisor se distribuye hacia múltiples fibras siguiendo diferentes direcciones, o las confina en el sentido opuesto usando técnicas WDM y TDMA.

En primer lugar, es preciso realizar un estudio teórico sobre las características de la fibra óptica, junto con las propiedades de los elementos activos y pasivos que interactúan con ella, para poder

comprender la tecnología en la que se basa y así ofrecer una solución final acorde a las necesidades que se presenten.

Tras un vistazo general a la tecnología de fibra óptica, se procede a estudiar las características y topologías de las redes de acceso basadas en la misma, junto con los requisitos de cara al diseño de la red y a la gestión de proyectos.

Se definirán los objetivos de la red, ya que la complejidad de la red depende de factores como la extensión y cobertura de la misma, o el ancho de banda. Posteriormente se irá diseñando la red en una arquitectura descendente hasta destinar una única fibra óptica para cada hogar dentro de la cobertura de la red. Se detallarán todas las especificaciones necesarias para definir la red, (potencias, modulaciones y tipos de fibra) así como el instrumental y demás medios necesarios para operar con la misma.

Aunque el diseño de una red FTTH contempla muchos más aspectos de los estudiados en el presente proyecto, se tomó como objetivo el diseño y planificación correspondientes a una sección de un área de escasa población donde la instalación se tomó como viable, obviando así pequeños detalles y centrándose en el despliegue de fibra óptica.

Se pretende así ofrecer una solución de infraestructura doméstica de telecomunicaciones, apta para las futuras necesidades que implican la creciente demanda de servicios como internet de banda ancha o almacenamiento y procesado de aplicaciones en nube. La fibra óptica tiene mucho que ofrecer a las telecomunicaciones, y cada vez es más frecuente encontrar redes de fibra óptica como parte de un servicio de telecomunicaciones, tanto como para particulares como empresas.

- Lambayeque – Perú, 2016. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Escuela profesional de Ingeniería Electrónica.

“Diseño de una red de transportes de fibra óptica y de acceso inalámbrico para mejorar el acceso a los servicios de telecomunicaciones y lograr la conectividad integral de la provincia de Bagua”

Resumen:

En esta tesis se ha diseñado una red de transporte óptico, con una red de acceso inalámbrico para mejorar el acceso a los servicios de telecomunicación como el Internet, y lograr la conectividad integral de los distritos pertenecientes a la provincia de Bagua.

Se ha desarrollado un estudio demográfico y análisis económico de las poblaciones de las localidades beneficiadas; lo que ha permitido estimar la demanda que junto con la información de las ubicaciones de los nodos de la RDNFO ayudo en el diseño de la red de transporte óptico y la selección de equipos que garanticen satisfacer la demanda estimada.

De igual forma se ha procedido con la red de acceso inalámbrico, para lograr la interconexión de banda ancha de todas las localidades beneficiadas, resultando en 16 enlaces LOS, en los que se realiza la selección de equipos de trasmisión en función de la demanda estimada.

Finalmente se ha logrado el diseño una red de transporte por fibra óptica y la red de acceso inalámbrica que ha interconectado todas las localidades beneficiadas, logrando de esta manera la conectividad integral de los distritos de la provincia de Bagua, garantizando un ancho de banda adecuado a las necesidades estimadas de la población y de las instituciones públicas beneficiadas proyectadas a 10 años, que asegura calidad de transmisión y calidad de servicio.

- Lima – Perú, 2016. Universidad de Ciencias y Humanidades, Facultad de Ingeniería - Escuela Académico Profesional de Ingeniería – Electrónica con Mención en Telecomunicaciones.

"Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en Coishco (Ancash)"

Resumen:

Los nuevos sistemas de datos basados en transmisión en fibra óptica muestran características esenciales como la nitidez, versatilidad, capacidad de información, velocidad de transmisión y beneficios en comparación con las tecnologías de ahora. Las tecnologías que están basados en cobre, ya sea también cable coaxial u otros, el ancho de banda es inversamente proporcional a la distancia; en cambio, la fibra óptica ofrece pérdidas bajas, no es afectada mucho por la distancia y tiene gran transmisión de datos, por eso la investigación se dirige hacia la caracterización de la red de fibra óptica. Estas redes son inmunes a las interferencias electromagnéticas de radio frecuencia en comparación con algunas tecnologías instaladas en el Perú. El destino de esta investigación determinará el tipo más adecuado de red para el distrito de Coishco, este trabajo consiste en diseñar una red de fibra óptica dirigido al hogar, una tecnología saliente en países desarrollados estos ofrecen servicios de banda ancha como el triple play. Esta red da solución a uno de los problemas más grandes en el Perú como es el déficit de banda ancha que viene desde hace muchos años. Es necesario determinar la magnitud de beneficios y recomendaciones necesarias para la instalación tanto para los clientes como para los promotores de servicio que ocuparán estas nuevas redes, garantizando la calidad de inversión para el cliente tanto para el promotor de servicio.

- Lima – Perú, 2016. Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado – Maestría en Ingeniería de Telecomunicaciones.

"Estudio de factibilidad para la implementación de una red de fibra óptica entre Desaguadero y Moquegua"

Resumen:

Este trabajo intenta determinar la factibilidad económica de la construcción de un tramo de fibra óptica que atravesara territorio peruano con el objetivo de brindar una alternativa rentable de interconexión de datos al mercado boliviano. De este modo diversificar la oferta de servicios de transporte internacional de datos permitiendo reducir el costo de acceso a internet para la población boliviana.

La velocidad de penetración de Internet de Banda Ancha y su difusión en la región se deben a varios factores uno de ellos es el costo por el servicio y su asequibilidad. Otro factor está relacionado con la calidad de las conexiones de banda ancha. En ambos casos un elemento común que juega un papel crucial son los enlaces internacionales de interconexión. Esto influye en la calidad de conexión tornándolos en retrasos para acceder a contenido local o externo, con el subsecuente impacto en el costo de los servicios, en la medida en que los enlaces internacionales pueden significar entre el 20% y el 40% de la tarifa de acceso el despliegue de estos es fundamental y necesario en toda la región. Desde otro punto de vista se puede considerar a estos enlaces como los elementos que aproximen a los proveedores de internet (ISP) a los puntos de Interconexión (IXP) utilizando cables de fibra óptica de alta capacidad.

En el caso de países mediterráneos como Bolivia el problema se multiplica ya que la capacidad de interconexión de los proveedores de servicios de internet (ISPs Bolivianos) depende de la infraestructura desplegada en los países vecinos para acceder a estos IXPs.

Como se podrá observar en los siguientes capítulos hasta el día de hoy no hay suficientes alternativas para proveer de capacidad de transporte de interconexión +internacional que cubra la demanda actual, pero sobre todo futura de Bolivia.

Para ello en los siguientes apartados se desarrollan diferentes ángulos de afrontar el problema y una serie de estrategias para brindar una alternativa económicamente factible, de este modo multiplicar el acceso internacional de datos en Bolivia. Dando mayor importancia al despliegue de fibra entre dos puntos (Desaguadero – Moquegua) en territorio peruano para solventar la escases de oferta de interconexión previamente comentada.

Después de detallar la tecnología y describir el estado actual de las redes de interconexión y capacidad de transmisión de datos tanto peruana como la boliviana. Se presenta una propuesta de diseño de un enlace Punto a Punto con tecnología de Multiplicación WDM que permitirá integrar esta conexión con el resto de la red troncal de proveedores de capacidad establecidos en el Perú.

En los capítulos finales del documento se encuentra el análisis económico que intenta en su desarrollo justificar la inversión desde varios escenarios.

Finalmente, en el último apartado se pueden leer las conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros relacionados con el despliegue de este backhaul de interconexión.

1.4. Hipótesis

Con el diseño de la Red de Transporte de fibra óptica desplegada sobre la infraestructura de media tensión eléctrica y postes de baja tensión en algunos tramos de las redes viales disponibles, se garantiza una mejora en los Servicios de Telecomunicaciones con Ancho de Banda mínimo, calidad de Servicio y alta velocidad de transmisión requerida para el Distrito de Lalaquiz - Piura.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Diseñar de una Red de Transporte de fibra óptica para la mejora de la calidad y cobertura de telecomunicaciones de la localidad de Lalaquiz.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar el estudio socioeconómico del distrito de Lalaquiz.
- Proponer un diseño escalable, que permita la integración de localidades apartadas.
- Garantizar la estabilidad la red.
- Garantizar Calidad de Servicio (QoS).

2. Análisis del Distrito de Lalaquiz, Provincia de Huancabamba, Departamento Piura

En este capítulo realizaremos el análisis de la realidad actual del Distrito de Lalaquiz, sus localidades y caseríos, desde un contexto de los servicios de Telecomunicaciones y acceso a la Red de Banda Ancha actual, para el análisis utilizaremos información obtenida a través de la búsqueda en internet.

2.1. Departamento de Piura

Piura es un departamento del Perú ubicado en el noroeste del país, limita con Tumbes y la Republica de Ecuador por el norte, con Cajamarca al este, con Lambayeque por el sur y con el Océano Pacifico por el oeste.

Comprende un territorio de 35.892,49km^2 con una extensa planicie en la mayoría de su extensión y una pequeña región montañosa en la zona oriental (sierra).

Consta de 8 provincias y tiene un total de 64 distritos.

2.1.1. Población

Según [INEI - Censos Nacionales 2017] la población total del Departamento de Piura registrada es de 1 856 809 habitantes.

Provincia	Población		Total de Distritos
	Número	%	
PIURA	799 321	43.05%	9
AYABACA	119 287	6.42%	10
HUANCABAMBA	111 501	6.00%	8
MORROPON	162 027	8.73%	10
PAITA	129 892	7.00%	7
SULLANA	311 454	16.77%	8
TALARA	144 150	7.76%	6
SECHURA	79 177	4.26%	6
Total	1 856 809	100.00%	64

Tabla 2.1. Población Departamento de Piura – Fuente [INEI - Censos Nacionales 2017].

Revisando los resultados por sexo, los hombres son el 49,5 % y las mujeres representan el 50,5 %. Asimismo, se informó que Piura es la sexta provincia en el ranking nacional en población, en tanto que Sullana es la décimo cuarta en el mismo ranking.

2.2. Distrito de Lalaquiz

2.2.1. Ubicación Geográfica

El distrito Lalaquiz es uno de los integrantes de la provincia de Huancabamba creado el 30/12/1983 bajo la ley N 23760, ubicada en el Departamento de Piura, ubicado en latitud sur de 5°44’43’’ y 5°54’32’’, longitud oeste de 79°35’27’’ y 79°43’05’’. Comprende una extensión de 138. 95km2.

El ámbito territorial de Lalaquiz se encuentra posicionado en el área central de la subcuenca Bigote, cuenca del rio Piura, ocupando cuatro pisos ecológicos distintos y tres regiones geográficas (Chala, Yunga y Quechua), lo que permite diversas opciones de productividad para la población.

Lalaquiz en la zona baja (500 m.s.n.m.) tiene un clima semiárido, con una temperatura anual máxima de 24,5°C y una temperatura mínima de 18,8°C, en la zona media (1000m.s.n.m.) tiene un clima subhúmedo semiárido, con una temperatura media anual máxima de 25,1°C y una temperatura anual mínima de 17,4°, en la zona a partir de los 1000 m.s.n.m. el clima es húmedo semiárido, con una temperatura media anual máxima de 17,9°C y con una temperatura media anual mínima de 12,6°, y en la zona alta (3.000 m.s.n.m.) el clima es per húmedo semiárido, con una temperatura media anual máxima de 10,9°C y una temperatura media anual mínima de 6,5°C.

Figura 2.1. Distrito de Lalaquiz.

- Por el norte: Distrito de Pacaipampa y Yamango.
- Por el sur: Distrito de San Juan de Bigote y Canchaque.
- Por el este: Distrito de Huancabamba y Canchaque.
- Por el oeste: Distrito de Yamango.
- Por el suroeste: Distrito de Lagunas.

2.2.2. Centros Poblados

El Distrito de Lalaquiz cuenta con 42 Centros Poblados.

Figura 2.2. Centros Poblados, Distrito de Lalaquiz.

2.2.3. Población

Según [INEI - Censos Nacionales 2017] el distrito de Lalaquiz cuenta actualmente con una población urbana y rural de 3 871 habitantes, en la Tabla 1,2 se puede observar la cantidad de hombres y mujeres total en el distrito de Lalaquiz.

HABITANTES DISTRITO DE LALAQUIZ			
CENTRO POBLADO	**HOMBRE**	**MUJER**	**TOTAL**
TUNAL	247	246	493
SAMBE	35	28	63
CAPASHO	59	60	119
LOMAMARCA	41	42	83
YIPTA	19	18	37
MAYLAND	19	26	45
EL TAYO	25	31	56
PAYACA	105	103	208
AMBUÑIQUE	52	57	109
EL ARRAYAN	31	37	68
TAMBO GRANDE	89	112	201
SAN LORENZO	64	67	131
SAN JUAN DE SAN LORENZO	32	31	63
TAMBO CHICO	63	39	102
CRUZ ALTA	34	49	83
SHUTURUMBE	49	54	103
CRUZ BAJA (SANTISIMA CRUZ)	11	5	16
NARANJITO	14	13	27
ULLMA	80	77	157
CHASQUEROS	7	2	9
MARAY GRANDE	126	134	260
MARAY CHICO	70	72	142
LIMONAL	15	17	32
LA LAGUNA	173	170	343
EL PAPAYO	104	108	212
TUNAL ALTO (ANEXO)	38	32	70
PEDREGAL	6	8	14
LA TUNA	22	19	41
GUAYAQUIL ALTO	60	53	113
SAN JUAN DE GUAYAQUILES	93	72	165
CARAVELI	55	51	106
MEMBRILLO	12	11	23
LA PLAYA	12	7	19
LA RINCONADA	13	15	28
EL TUNO	11	13	24
PACCHE	7	11	18
LOS LAURELES	4	1	5
LAGUNA DE SAN LQRENZO	14	23	37
LOMA DE RAMOS	-	-	-
SAN NICOLAS	3	3	6
BATAN BLANCO	17	12	29
EL LUCUMU	6	5	11
TOTAL	**1 937**	**1 934**	**3 871**

Tabla 2.2. Población por Centros Poblados – Fuente [INEI - Censos Nacionales 2017].

2.2.4. Aspectos Demográficos

La composición demográfica de la población según los grupos de edad, se observa que el 8% de la población en el área de influencia del proyecto son menores de 5 años; es decir que el 92% de habitantes mayores de 5 años serán usuarios potenciales que harán uso a corto plazo de los beneficios del proyecto.

Rango (edad)	Habitantes	Porcentaje	Hombre	Mujer
0 - 4 años	319	8%	159	160
5 - 14 años	808	21%	401	407
15 - 24 años	510	13%	268	242
25 - 34 años	396	10%	200	196
35 - 44 años	410	11%	201	209
45 - 54 años	462	12%	233	229
55 - 64 años	422	11%	206	216
65 a más	544	14%	269	275
Total	**3 871**	**100%**	**1 937**	**1 934**

Tabla 2.3. Cantidad de Habitantes según grupos de edad – Fuente [INEI - Censos Nacionales 2017].

2.2.5. Educación

La capacidad de lectura de la población mayor a 15 años manifiesta un alto nivel de alfabetismo dentro de la población encuestada, siendo que el 73% de esta población mayor de 15 años saben leer y escribir, es decir, solo el 27% de esta población no sabe leer ni escribir, ver tabla 1.4. Del análisis de analfabetismo según grupos de edad podemos observar que se acentúa en las personas mayores de edad, así por ejemplo las personas entre los 15 y 19 años de edad tienen un porcentaje de analfabetismo de solo el 3% y que las personas entre los 20 y 29 años de edad tienen un porcentaje de analfabetismo de solo el 5%. Siendo en los grupos de 30 a 39 años, 40 a 64 años y de 65 a más años de edad donde alcanzamos niveles más altos de analfabetismo, alcanzando el 10%, 31% y el 60% respectivamente.

Grupo Total	Sabe leer y escribir		No sabe leer ni escribir	
Rango	**Habitantes**	**Porcentaje**	**Habitantes**	**Porcentaje**
5 - 14 años	683	85%	125	15%
15 - 19 años	284	97%	8	3%
20 - 29 años	384	95%	20	5%
30 - 39 años	383	90%	43	10%
40 - 64 años	743	69%	335	31%
65 a más	216	40%	328	60%
Total	**2 693**		**859**	

Tabla 2.4. Tasa de Analfabetismo según grupos de edad – Fuente [INEI - Censos Nacionales 2017].

2.2.6. Empleo

De toda la población en el área de influencia del proyecto podemos observar que el 29% son personas que tienen menos de 14 años, ver tabla 1.4, por lo que es una población que no se encuentra en edad de trabajar, y el 71% de la población restante constituye una población que puede realizar alguna actividad laboral.

De la población que se encuentra en edad de trabajar, el 27% tiene edad entre los 14 y 29 años de edad, y el 53% tiene edad entre los 30 y 64 años de edad.

Población en edad de trabajar				
Rango	**Habitantes**	**Porcentaje**	**Hombres**	**Mujeres**
14 - 29 años	764	27%	393	371
30 - 44 años	620	22%	309	311
45 - 64 años	884	31%	439	445
65 y más años	544	19%	269	275
Total	**2 812**	**100%**	**1 410**	**1 402**

Tabla 2.5. Población en edad de trabajar – Fuente [INEI - Censos Nacionales 2017].

2.3. Dimensionamiento

Para obtener la demanda de la red a diseñar se ha tenido que obtener la información de las localidades beneficiadas seleccionadas y las instituciones consideradas dentro del área de influencia del proyecto. De acuerdo al análisis de los datos de la población del distrito de Lalaquiz se ha determinado el número de: Localidades beneficiadas, Locales educativos, Instituciones de salud, Dependencias policiales y la población beneficiada.

Centros Educativos	
LOCALIDAD	**N° DE CENTROS EDUCATIVOS**
AMBUÑIQUE	2
CAPASHO	2
CARAVELI	3
CRUZ ALTA	2
EL PAPAYO	3
EL ARRAYAN	2
FLOR DE CAFÉ	1
GUAYAQUIL	1
GUAYAQUIL ALTO	2
LA LAGUNA	4
LA SANTISIMA CRUZ	1
LOMAMARCA	2
MARAY	3
MARAY CHICO	2
MAYLAND	3
PAYACA	2
SAMBE	2
SAN JUAN DE LOS GUAYAQUILES	3
SAN JUAN DE LORENZO	2
SAN LORENZO	3
SHUTURUME	2
TAMBO CHICO	2
TAMBO GRANDE	3
TUNAL	3
ULLMA	2
YIPTA	1
VISTA ALEGRE	1
TOTAL	**59**

Tabla 2.6. Centros Educativos – Fuente [MINEDU Web 2018].

CENTROS POBLADOS – DISTRITO DE LALAQUIZ		
1. TUNAL	15. CRUZ ALTA	29. GUAYAQUIL ALTO
2. SAMBE	16. SHUTURUMBE	30. SAN JUAN DE GUAYAQUILES
3. CAPASHO	17. CRUZ BAJA (SANTISIMA CRUZ)	31. CARAVELI
4. LOMAMARCA	18. NARANJITO	32. MEMBRILLO
5. YIPTA	19. ULLMA	33. LA PLAYA
6. MAYLAND	20. CHASQUEROS	34. LA RINCONADA
7. EL TAYO	21. MARAY GRANDE	35. EL TUNO
8. PAYACA	22. MARAY CHICO	36. PACCHE
9. AMBUÑIQUE	23. LIMONAL	37. LOS LAURELES
10. EL ARRAYAN	24. LA LAGUNA	38. LAGUNA DE SAN LQRENZO
11. TAMBO GRANDE	25. EL PAPAYO	39. LOMA DE RAMOS
12. SAN LORENZO	26. TUNAL ALTO (ANEXO)	40. SAN NICOLAS
13. SAN JUAN DE SAN LORENZO	27. PEDREGAL	41. BATAN BLANCO
14. TAMBO CHICO	28. LA TUNA	42. EL LUCUMU

Tabla 2.7. Centros Poblados, Distrito de Lalaquiz - Fuente [INEI - Censos Nacionales 2017].

Establecimientos de salud en el Distrito de Lalaquiz	
Nombre Comercial del establecimiento	**Categoría**
C.S. EL TUNAL	I3
P.S. LA LAGUNA	I1
P.S. MYLAND	I1
P.S. SAN LORENZO	I1

Tabla 2.8. Establecimientos de Salud – Fuente [RENIPRESS Web 2018].

Habitantes del Distrito de Lalaquiz 2017		
Sexo	**Habitantes**	**Porcentaje**
Hombre	1 937	50.04%
Mujer	1 934	49.96%
Total	3 871	100%

Tabla 2.9. Habitantes, Distrito de Lalaquiz - Fuente [INEI - Censos Nacionales 2017].

3. Redes de Banda Ancha

La banda ancha puede considerarse, desde un punto de vista técnico, como un conjunto de tecnologías de red avanzadas o como el motor de una radical y gran transformación que revitaliza la entrega de los servicios existentes y da pie a la aparición de nuevos e innovadores servicios. En el mundo moderno, la banda ancha se ha convertido en una infraestructura fundamental que determina la competitividad nacional de los países en la economía digital mundial.

www.itu.int/en/wtpf-13/Documents/backgrounder-wtpf-13-broadband-es.pdf

3.1. Introducción a las Redes de Banda Ancha

Se entiende por banda ancha a cualquier tipo de red que tenga una elevada capacidad para transportar información que incide en la velocidad de transmisión de esta. Así entonces, es la transmisión de datos simétricos por la cual se envían simultáneamente varias piezas de información, con el objeto de incrementar la velocidad de transmisión efectiva.

En ingeniería de red de computadoras este término se utiliza también para los métodos en donde dos o más señales comparten un medio de transmisión. Así se utilizan dos o más canales de datos simultáneos en una única conexión, lo que se denomina multiplexación.

Algunas de las variantes de los servicios de fibra hasta la casa (FTTH) son de banda ancha. Los routers que operan con velocidades mayores a 100 Mbit/s también son banda ancha, pues obtienen velocidades de transmisión simétricas.

El concepto de banda ancha ha evolucionado con los años. La velocidad que proporcionaba la RDSI con 128 Kb/s dio paso al SDSL con una velocidad de 256 Kb/s. Posteriormente evolucionó, pasando los 25 y 50 Mbps simétricos hasta los 600 Mbps. en la actualidad.

3.2. Tecnologías de Acceso a la Red

Tenemos dos tipos de redes: red de área metropolitana (MAN) y la red basada en Ethernet, conocida como una red metropolitana Ethernet (MEN).

3.3. Fibra Óptica

Es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; son filamentos extremadamente finos y flexibles de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. Presenta innumerables ventajas en relación a los cables metálicos, como inmunidad a ruidos y mayor tasa de transmisión.

Hace mucho tiempo que la fibra óptica se utiliza en sistemas de telefonía y cada vez más en transmisión de datos, televisión convencional y HD, instrumentación electrónica, industria aeroespacial, automotriz, PLC, CFTV, iluminación, etc.

Revisando las ventajas de la fibra óptica, el mercado apuesta fuerte en su versatilidad y utiliza cada vez más los sistemas 100% basados en fibra óptica, como las redes pasivas WDM PON, FTTA, FTTH, FTTB Y EFM, conjugando todos los modelos de las comunicaciones en un único procesamiento electrónico, es decir el concepto de FFTx ya es una realidad.

3.3.1. Fibra Óptica Multimodo

Fibra óptica con dimensiones de núcleo consideradas grandes en relación al diámetro de la cáscara, por eso permite que los rayos de luz, en varios ángulos, recorran el núcleo de la fibra en muchos modos que se propagan simultáneamente en su interior.

Presentan una facilidad relativa en su fabricación.

Dimensiones de una fibra Multimodo	
Núcleo de 50 a 200µm	Se adoptaron comercial y técnicamente núcleos de 62.5µm y 50µm.
Cáscara: de 125 a 400µm	Se adoptó comercial y técnicamente cáscara de 125 µm.

Tabla 3.1. Dimensiones de una fibra multimodo – Elaboración propia.

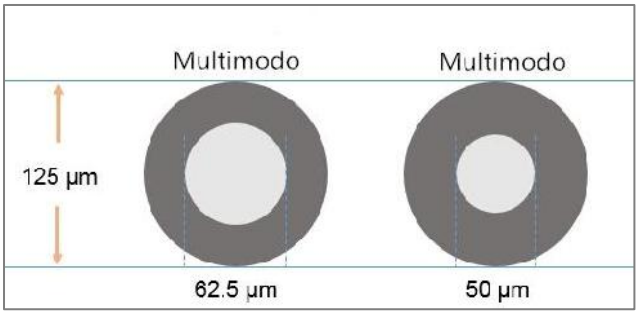

Figura 3.1. Comparación de dimensiones entre fibras multimodo de 50 y 62.5µm.

3.3.2. Fibra Óptica Monomodo

Fibra óptica con dimensiones de núcleo consideradas pequeñas en relación al diámetro de la cáscara, permitiendo la incidencia de rayos de luz en un único ángulo, haciendo que los rayos luminosos recorran el núcleo solo en un modo y se propaguen simultáneamente en su interior.

La fibra monomodo está construida de forma que solamente el modo fundamental de distribución magnética o rayo axial sea guiado, evitando los varios caminos de propagación de luz dentro del núcleo, reduciendo la dispersión del impulso luminoso. Para esto es necesario que el diámetro del núcleo sea pocas veces mayor que el largo de onda de la luz usado para la transmisión.

Dimensiones de una fibra Monomodo	
Núcleo de 8 a 10µm	Se adoptó comercial y técnicamente núcleo de 9µm.
Cáscara: de 125 a 240µm	Se adoptó comercial y técnicamente cáscara de 125 µm.

Tabla 3.2. Dimensiones de una fibra monomodo – Elaboración propia.

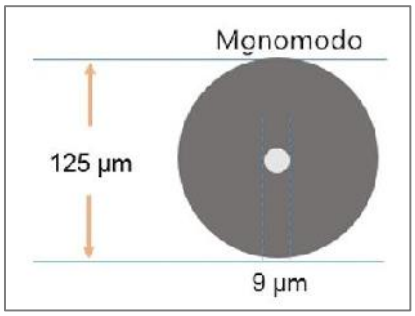

Figura 3.2. Dimensiones de la fibra monomodo de 9µm.

3.4. Fuentes Ópticas y sus características

3.4.1. Fuentes de Luz, Modulación y Multiplexación Óptica

Entre los muchos dispositivos de conversión optoeléctrica disponibles en el mercado para sistemas de comunicación por fibra óptica, los más utilizados son los diodos semiconductores, modulados directamente por la variación de la corriente de entrada, destacándose el Light Emitting Diode (LED), el Injection Laser Diode (ILD) y el Vertical Cavity Surface Emitting Laser (VCSEL).

3.4.2. Parámetros de Transmisión para Fuentes Ópticas

3.4.2.1. Constitución de las Fuentes Luminosas

En la constitución de las fuentes luminosas se aplican las mismas técnicas utilizadas en la fabricación de semiconductores, con uso de componentes constituidos de galio y aluminio (GaInAsp).

3.4.2.2. Largo de Onda Central – Center Wavelength

Las fuentes ópticas (LED, OLD y VCSEL) se fabrican para emitir luz en un determinado largo de onda, denominado largo de onda central, cuyos valores nominales, utilizados en sistemas de telecomunicaciones, corresponden a ventanas de transmisión, como indicado en la tabla a continuación:

Ventana de Transmisión	Largo de Onda (nm)
1° ventana	850
2° ventana	1300/1310
3° ventana	1550

Tabla 3.3. Ventanas de transmisión – Elaboración propia.

Fuente	Largo de Onda (nm)
LEDs Convencionales	600 a 800
LEDs para Fibras Ópticas	850 a 1300
ILDs para Fibras Ópticas	1310 y 1550

Tabla 3.4. Largos de onda de las fuentes ópticas – Elaboración propia.

3.4.2.3. Ancho Espectral – Spectral Width

La potencia total emitida por un transmisor se distribuye por un conjunto de largos de onda esparcido alrededor del largo de onda central. Esta variación se llama ancho espectral, siendo pequeña para Láser de 1 a 6nm y grande para LEDs de 30 a 150nm.

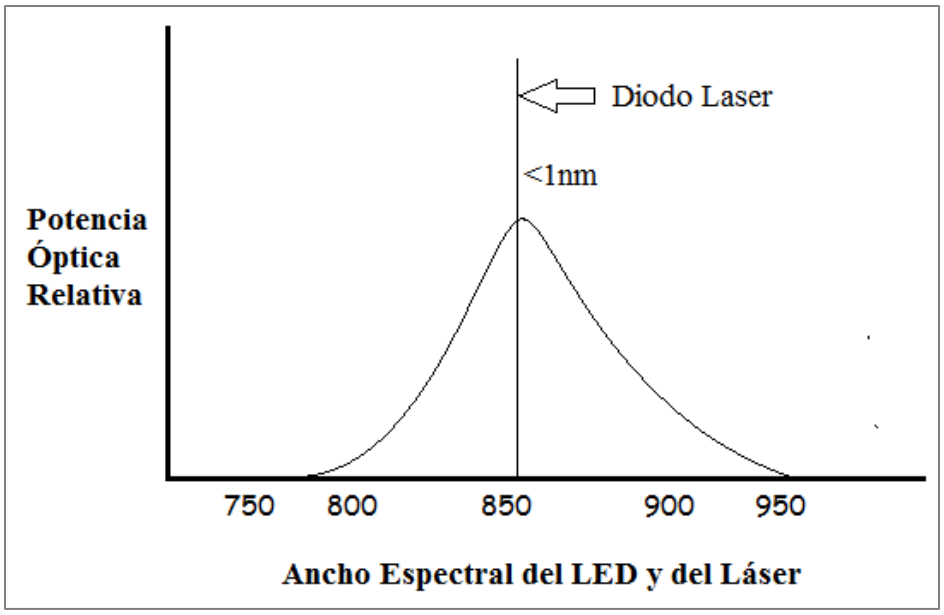

Figura 3.3. Espectro de emisión de los LEDs e ILDs.

3.4.2.4. Full Width Half Maximum – FWHM

El valor del ancho espectral se mide considerando los largos de onda que presentan potencia igual o superior a la mitad del valor de la potencia máxima de la señal luminosa. Esta condición se denomina Full Width Half Maximum.

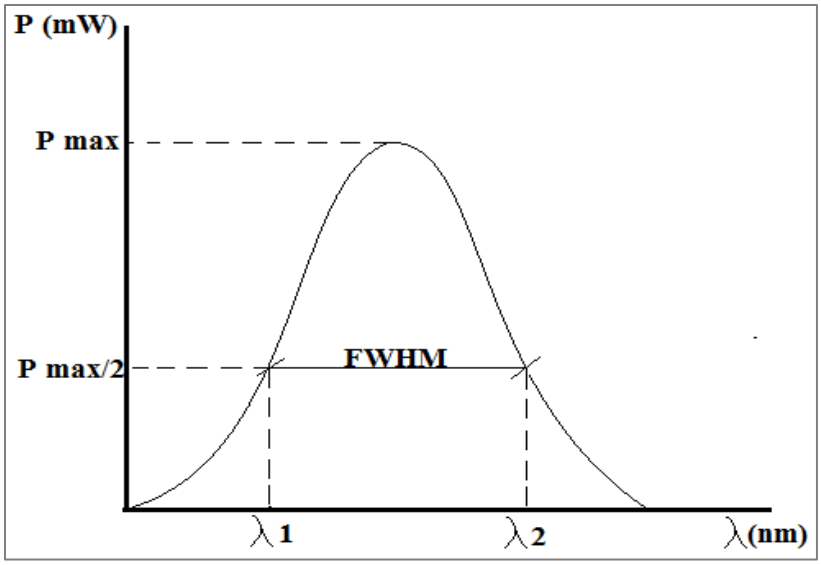

Figura 3.4. Concepto de FWHM.

3.4.2.5. Potencia Media – Average Power

Es la potencia media de transmisión de la fuente, medida en dBm o mW. Cada fuente óptica tiene su estándar de emisión que representa como la potencia luminosa será distribuida sobre una superficie denominada spot size. De esa forma, dos fuentes con la misma potencia pueden tener eficiencias diferentes según el medio de transmisión.

Fuente	Potencia Irradiada
LED	0,01 a 1nW
ILD	0,5 a 10nW

Tabla 3.5. Potencia de las fuentes ópticas – Elaboración propia.

El LED presenta un valor de spot size superior a 100 micras, entonces, en una fibra Monomodo con núcleo de 10 micras, solamente el 10% de la potencia irradiada en la superficie de la fibra esta sobre el núcleo. Para un Láser, el spot size es de 10 micras, es decir, se aprovecha el 100% de la potencia irradiada.

La fibra óptica solamente acepta luz emitida dentro de un cono estrecho de aceptación entre 30° y 40° para fibras Multimodo y menos de 10° para fibras Monomodo.

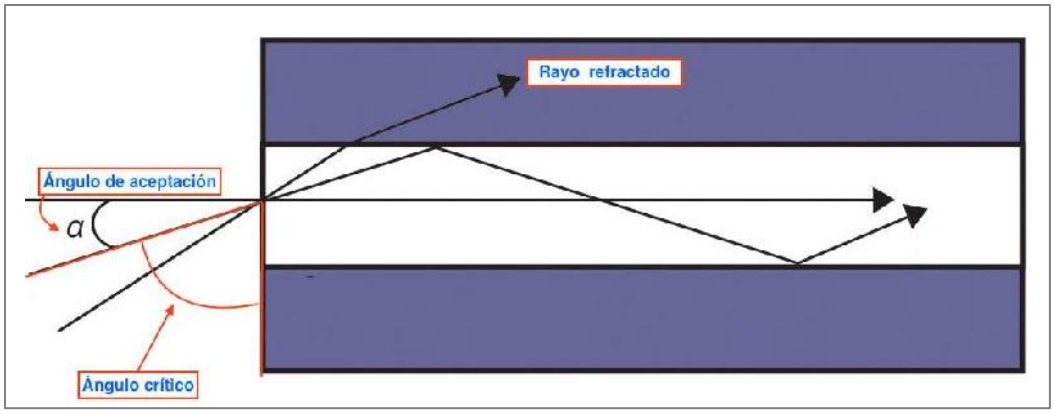

Figura 3.5. Cono de Aceptación.

La temperatura altera el desempeño de los LEDs y de los ILDs, reduciendo la potencia de salida. Presentan también Mean Time Between Failure (MTBF) diferentes, que es la vida útil media de un determinado componente, generalmente informado por el fabricante en las especificaciones del producto.

Este dato representa solamente un tiempo medio de durabilidad obtenido por medio de pruebas. Es importante destacar que los ILDs son más rápidos que los LEDs.

Sistema	Longitud de Onda (nm)
LAN	850 y 1300
CATV	1310 y 1550
Sistema Multiplexados	1310 y 1550

Tabla 3.6. Ejemplo de aplicaciones en fibras ópticas – Elaboración propia.

Cable attributes			
Attribute	**Detail**	**Value**	**Unit**
Attenuation coefficient (Note 1)	Maximum from 1310 nm to 1625 nm (Note 2)	0.40	dB/km
	Maximum at 1383 nm ±3 nm after hydrogen ageing (Note 3)	0.40	dB/km
	Maximum at 1530-1565 nm	0.30	dB/km

Tabla 3.7. Atenuación típica dB/km - Fuente [ITU-T G.652.D (11/2016)]

3.4.2.6. Velocidad de Modulación/Frecuencia – Modulation Rate/Frequency

Es la cantidad de símbolos que el transmisor puede enviar por segundo. La frecuencia de repetición de los símbolos se presenta en Hz.

3.4.3. Fuentes Ópticas

3.4.3.1. Led

Las fuentes de luz más comunes para los sistemas de comunicación por fibra óptica son los Light Emitting Diode (LEDs), que emiten luz invisible próxima del rango del infrarrojo.

La operación básica de un LED es como la operación básica de un diodo de unión común, es decir, se aplica una pequeña tensión entre sus terminales, haciendo fluir una microcorriente a través de la unión, provocando la liberación de energía en la forma de fotones.

El largo de onda central está en la 1° Ventana (850nm), con ancho espectral variando de 30 a 60nm (FWHM) y en la 2° Ventana (1300nm) con ancho espectral variando de 30 a 150nm (FWHM), pudiendo ser modulado por la variación de corriente que lo atraviesa, llegando a la velocidad de modulación máxima de 200Mhz, que limita las tasas de transmisión en 622Mbps.

Los LEDs son menos sensibles al calor y tienen una vida útil (MTBF) superior a los Láser. Los LEDs son encontrados con potencia media que varía de -10dBm (0.1mW) a -30dBm (0.001mW) y emiten rayos de luz en un estándar de 120° a 180°, con un spot size superior a 100 micras.

3.4.3.2. Laser (ILD)

El Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER) es un dispositivo que produce radiación electromagnética monocromática con relaciones de fase y frecuencia bien definidas y se propaga como un haz único.

La operación del ILD es bastante similar a la del LED, sim embargo, superior a una determinada corriente, ocurre un fenómeno de estimulación, donde cada fotón produce un segundo fotón, habiendo un aumento de energía luminosa.

El largo de onda central está en la 2° Ventana (1300nm) y en la 3° Ventana (1550nm) con ancho espectral variando de 1 a 6nm (FWHM) en ambos largos de onda.

Los ILDs pueden ser modulados por la variación de la corriente que lo atraviesa, llegando a la velocidad máxima de 10Ghz. Se encuentran con potencia media que varía de +1dBm (1mW) a -3dBm (0.5mW) y emiten rayos de luz en un estándar entre 10° y 35°, que representa un spot size de 8 a 10 micras.

Los ILDs son sensibles a temperaturas muy altas y paran rápidamente la emisión cuando su temperatura interna aumenta, por eso, son necesarios disipadores de calor, enfriadores o proceso de control y compensación de temperatura para mantener la operación estable, aumentando el costo del circuito transmisor y reduciendo su confiabilidad.

Por sus propiedades especiales, el Láser se utiliza actualmente en las más diversas aplicaciones tales como:

- Comerciales (comunicación por fibras ópticas y lectores de códigos de barras);
- Médicas (cirugías), rehabilitación física como anti-inflamatorio, regenerador y analgésico;
- Industriales (cortar metales y medir distancias);
- Investigación científica (pinzas ópticas, hidráulica, física atómica, óptica cuántica, enfriamiento de nubes atómicas e información cuántica);
- Residenciales (equipos lectores de CD y DVD);

- Laser pointer, usado en presentaciones con proyectores.

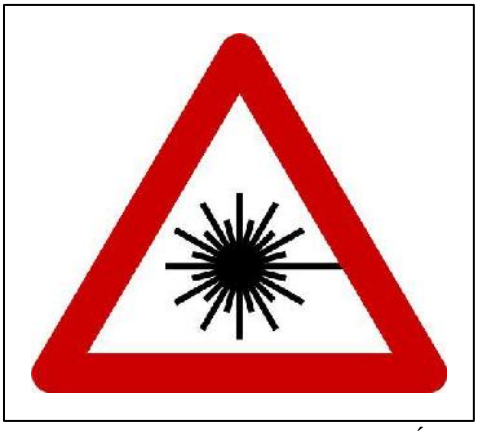

Figura 3.6. Icono de alerta de fuente LÁSER.

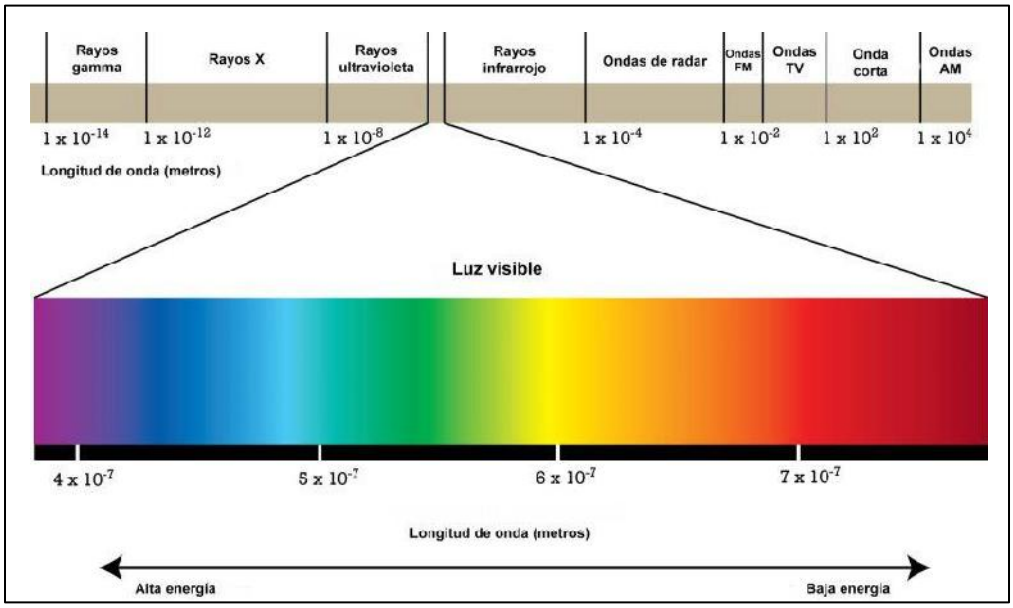

Figura 3.7. Espectro visible.

3.4.3.3. VCSEL

El principio de funcionamiento de un VCSEL se basa en la utilización de un “resonador vertical” en su proceso de emisión.

El largo de onda central está en la 1° Ventana (850nm) y en la 2° Ventana (1300nm), con ancho espectral variando de 1 a 6nm.

El VCSEL puede ser modulado por la variación de la corriente que los atraviesa, llegando a la velocidad de modulación máxima de 5Ghz, que permite tasas de transmisión del orden de 10Gbps y son encontrados con potencia media variando de +1dBm (1mW) a -3dBm (0,5mW), con rayos de luz en un spot size entre 20 y 30 micras.

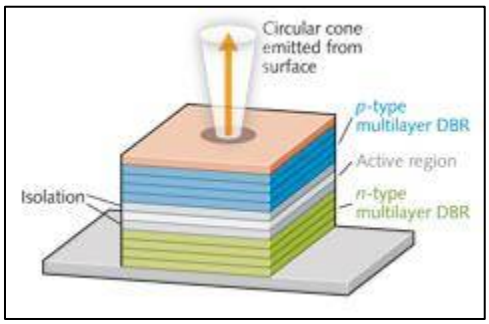

Figura 3.8. LÁSER VCSEL.

Los diodos Láser de tipo VCSEL presentan como principales características:

- Alta eficiencia en el acoplamiento óptico, con haces de salida circulares;
- Bajo consumo de potencia;
- Altas tasas de modulación;
- Bajo costo de fabricación;
- Puede alcanzar desde la luz visible hasta próximo al infrarrojo.

3.4.4. Modulación y Multiplexación

En el proyecto de sistemas de comunicación por fibras ópticas, el primer paso es la determinación de las técnicas de modulación y de multiplexación de acuerdo con la aplicación.

3.4.4.1. Modulación

La modulación es un proceso en el cual una señal que contiene la información, llamada señal modulante, altera de forma sistemática una segunda señal (portadora) de forma que esta transportara la información.

Las técnicas de modulación permiten la utilización de símbolos con características adaptadas al medio físico elegido para transportar la información. En los sistemas ópticos, la modulación puede ocurrir internamente en la fuente óptica (KEDM VCSEL o ILD) o externamente, donde un láser de alta precisión genera el haz óptico que será modulado por un segundo dispositivo.

En la modulación interna, tanto la portadora analógica como la modulación de código de pulso se realizan por la variación de la potencia de salida. En este caso, la modulación más utilizada es la On OFF Keying (OOK), donde el bit “1” está representado por el pulso luminoso en el intervalo de bit y su ausencia representa el bit “0”. El intervalo de bit corresponde a la velocidad de modulación. La modulación OOK puede utilizar diversas codificaciones de línea para mejor desempeño de transmisión y las modulaciones NRZ y RZ son las más utilizadas.

3.4.4.2. Multiplexación

Para los sistemas de cableado metálico es posible aplicar técnicas de multiplexación FDM y TDM. En los sistemas de comunicación por medio de fibras ópticas, podemos encontrar multiplexación por FDM y TDM aplicadas en el plano de multiplexación electrónica y la WDM que ocurre solamente en el plano de multiplexación óptica.

El MUX óptico recibe en su entrada señales que ya se multiplexaron electrónicamente (FDM o TDM) y realiza una segunda multiplexación en el plano óptico (WDM), es decir, el plano óptico posibilita una segunda etapa de multiplexación.

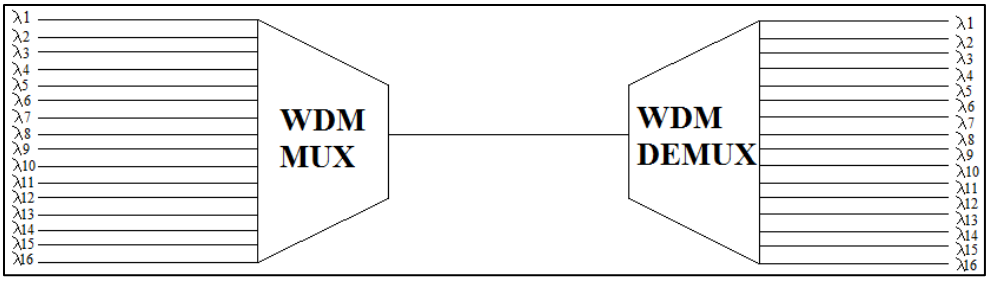

Figura 3.9. Multiplexación en largo de onda/colores.

3.5. Conectorización Óptica

3.5.1. Terminaciones Ópticas

Las terminaciones ópticas están formadas básicamente por conectores destinados a conectar y desconectar de forma frecuente y fácil las fibras ópticas entre sí o con los respectivos equipos.

Básicamente los conectores están formados por:

- Cerrojo – Sirve para realizar la alineación de la fibra y presenta una cara pulida donde se ejecuta la terminación.

- Carcasa – Cuerpo de protección del conector con un revestimiento de plástico o metálico.

- Revestimiento o Bota – Protege la fibra óptica de la penetración de luz por la parte posterior del conector.

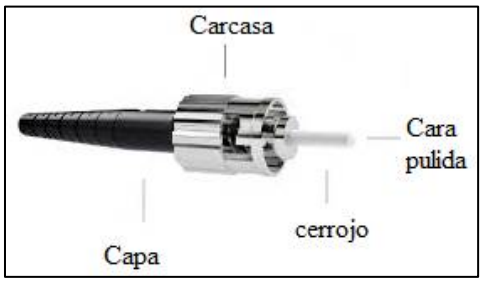

Figura 3.10. Principales componentes del conector óptico.

3.5.2. Características

Los conectores ópticos son accesorios formados básicamente de un cerrojo que presenta una de las caras pulidas para reducir problemas con la reflexión y dispersión de la luz. Es el componente principal y más sensible por ser la interfaz de transferencia física del haz luminoso entre conectores o entre conectores y equipos.

Todo cerrojo presenta un revestimiento de protección que solamente deberá retirarse en el momento de inserción evitando que la cara pulida sufra choque directo con cualesquiera superficies o suciedad.

Como en cualquier empalme los conectores también contribuyen para el aumento de la atenuación que ocurre por la pérdida de inserción y perdida de retorno.

3.5.3. Conectorización

La conectorización es el proceso de montaje de la fibra óptica en el interior de un conector incluyendo la fijación a través de pegamento resinado o epoxi y pulimento de la extremidad de la fibra para obtener el mejor desempeño óptico.

Durante la ejecución de la conectorización es necesario tener cuidado con la calidad de segmentación y la limpieza del conector entre cada etapa de pulimento. No se recomienda la conectorización en campo, pues las condiciones son precarias y el proceso manual difícil alcanzara la calidad de los conectores montados con el auxilio de equipos de precisión y probados en laboratorio.

3.5.4. Pérdida de Inserción

La pérdida de inserción o atenuación consiste en la perdida de potencia luminosa que ocurre en el paso de la luz entre las conexiones.

Ocurre debido a las irregularidades en el alineamiento de los conectores e irregularidades intrínsecas a las dimensiones de las fibras ópticas. En la práctica esa pérdida contribuye para la suma total de la atenuación o perdida de potencia óptica, de todo el tramo de cables.

El valor de la perdida de inserción depende del tipo de conector y del pulimento.

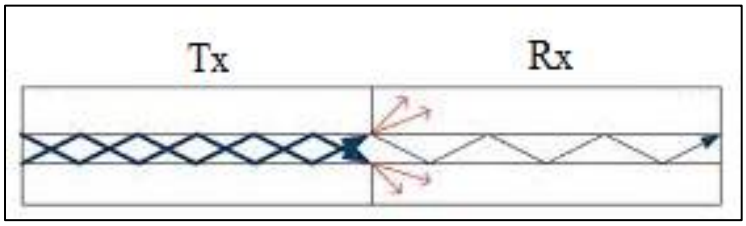

Figura 3.11. Perdida de inserción.

3.5.5. Reflectancia

La pérdida de retorno conocida también por reflectancia es la cantidad de potencia óptica que regresa a la fuente luminosa.

La causa principal está en la cara pulida de los cerrojos de los conectores que refleja parte de la luz a la fibra de origen. Otra causa son las imperfecciones en el pulimento de la fibra óptica cuando el ángulo de incidencia es inferior al ángulo crítico.

La pérdida de retorno no influye directamente en la atenuación total, sin embargo, el retorno de la luz a la fuente puede degradar el funcionamiento de la fuente luminosa y perjudicar la comunicación, principalmente en trasmisiones bidireccionales sobre una misma fibra.

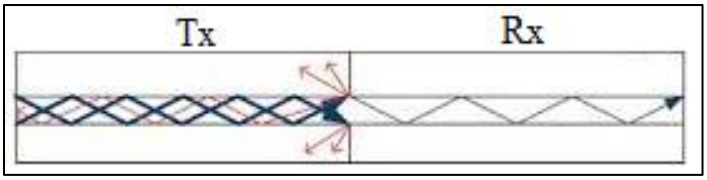

Figura 3.12. Reflectancia.

Table I.2/L.36 – Colour code for optical connectors (United States of America, Bellcore GR-326)

Plug type	Attenuation	Return loss class	Plug Body	Boot
PC	Not specified	≥ 30 dB ≥ 40 dB ≥ 55 dB	Blue	Red White Dark Blue
APC 8°	Not specified	≥ 60 dB	Green	Green
APC 9°	Not specified	≥ 60 dB	Green	Green

Tabla 3.8. Construcción y Protección de cables y otros elementos de Pext- Fuente [ITU-T L.36 (01/2015)].

3.5.6. Perdida Óptica de Retorno - ORL

La Pérdida óptica de retorno (ORL, o retrorreflexión) proviene de la cantidad de energía pérdida dentro de los componentes y de la misma fibra debido a retrorreflexiones en todo el trayecto óptico. Las causas principales incluyen la naturaleza reflexiva de algunos componentes, incluida la fibra misma, así como de las conexiones mecánicas y los empalmes.

La Pérdida Óptica de Retorno (ORL), se establecerá como parámetro de medición de acuerdo a la norma I normas UIT-T G.698.1 y/o características señaladas por los proveedores de los equipos.

Con el fin de estandarizar el valor mínimo de ORL esperado con el equipo OTDR, se considerará la pérdida ORL sea mayor o igual a 24 dB para fibra Monomodo Estándar G.652.

Cuadro 8-4 – Parámetros y valores de la capa física para aplicaciones de larga distancia con una separación de 100 GHz, de la clase NRZ 10G

Parámetro	Unidades	DN100L-2D2(C) DN100L-2D3(L) DN100L-2D5(C)	DW100L-2D2(C) DW100L-2D3(L) DW100L-2D5(C)	DN100L-2D2(C)F DN100L-2D3(L)F DN100L-2D5(C)F	DW100L-2D2(C)F DW100L-2D3(L)F DW100L-2D5(C)F
Información general					
Separación mínima entre canales	GHz	100		100	
Velocidad binaria/codificación de línea de señales afluentes ópticas	–	NRZ 10G		NRZ OTU2 FEC habilitada	
Tasa de errores en los bits máxima	–	10^{-12}		10^{-12} (Nota)	
Tipo de fibra	–	G.652, G.653, G.655		G.652, G.653, G.655	
Trayecto óptico del punto S_S al R_S					
Pérdida de inserción de canal máxima	dB	24,5		27,5	
Pérdida de inserción de canal mínima	dB	13		13	
Rizado máximo	dB	2		2	
Dispersión cromática máxima	ps/nm	1 600		1 700	
Pérdida de retorno óptica mínima en S_S	dB	24		24	
Reflectancia máxima discreta entre S_S y R_S	dB	–27		–27	
Retardo diferencial de grupo máximo	ps	30		30	
Diafonía intercanal máxima	dB	–16		–16	
Diafonía interferométrica máxima	dB	–45		–45	

Tabla 3.9. Características de los sistemas ópticos - Fuente [ITU-T G.698.1 (11/2009)].

3.5.7. Tipos de Pulimiento

La técnica más eficiente para reducir la perdida de inserción y la perdida de retorno está en la utilización de pulimentos específicos.

En orden creciente de desempeño tenemos los pulimentos FLAT, PC, SPC, UPC y APC.

El pulimento plano (FLAT) es el único que puede realizarse en campo con auxilio de lijas y una superficie plana, los demás se producen en fábrica y se conectan a los cables a través de extensiones ópticas.

La extensión óptica, conocida también por “Pigtail”, está formada por un conector confeccionado en fábrica con el pulimento deseado, aplicado en una de las extremidades de una fibra óptica y la de otra extremidad se utiliza para empalme por fusión o mecánico.

3.5.7.1. FLAT

En los primeros conectores de fibra, la superficie de conexión era plana, por eso se denominan Flat. Cuando conectamos, se forman pequeñas lagunas de aire (air gap) entre conectores, debido a pequeñas imperfecciones en sus superficies. La perdida por reflexión en este tipo de conector es alrededor de -14dB o aproximadamente 4%.

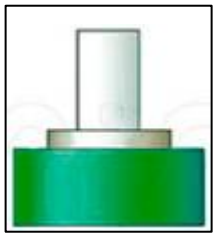

Figura 3.13. Pulimento FLAT.

3.5.7.2. PC - Physical Contact

Con el desarrollo tecnológico los conectores evolucionaron siendo el conector con pulimento Physical Contact (PC) o Contacto Físico, el tipo más común actualmente. En él las superficies de las dos fibras se tocan cuando están conectadas.

En este caso las fibras se encuentran como en el conector plano, pero las superficies de contacto son pulidas de forma curva o esférica, resultando en una cara convexa del cerrojo, forzando el contacto entre las fibras y eliminando las lagunas de aire la perdida por reflexión en ese caso está alrededor de -40dB, utilizándose este conector en la mayoría de aplicaciones.

Figura 3.14. Pulimento PC.

3.5.7.3. SPC - Super Physical Contact

Los SPC son una evolución de los conectores PC, sus superficies también son pulidas de forma esférica, pero reciben mejor acabado final, reduciendo aún más la perdida por reflexión, que permanece alrededor de -55dB. Se utilizan frecuentemente en sistemas CATV y digitales.

Figura 3.15. Pulimento SPC.

3.5.7.4. UPC - Ultra Physical Contact

Presentan las mismas características físicas del SPC, pero las superficies, también pulidas de forma esférica, reciben un pulimiento con acabado aún más preciso. En ellos la perdida por reflexión es aún menos, alrededor de -55dB. Se utilizan frecuentemente en sistemas CATV y digitales.

Figura 3.16. Pulimento UPC.

3.5.7.5. APC - Angled Physical Contact

Es el tipo de conector más reciente, sus superficies también son curvas, pero en u ángulo de 8 grados, que mantiene una conexión firme y reduce la perdida por reflexión para aproximadamente -70dB. Son más utilizados en sistemas de telefónica y de CATV.

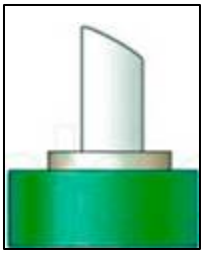

Figura 3.17. Pulimento APC.

Los conectores PC, SPC y UPC son más confiables y presentan baja perdida de inserción. La perdida por reflexión en estos conectores depende del acabado de la superficie de la fibra, siendo que, cuando menor la granulación, menor la perdida.

Cuando los conectores PC y UPC son constantemente conectados y desconectados, la perdida por reflexión aumenta en una tasa de 4 a 6dB para cada 100 conexiones/desconexiones. En el conector APC, la perdida por reflexión no se altera con las conexiones/desconexiones.

3.5.7.6. Compatibilidad de los conectores

La compatibilidad entre los conectores utilizados es muy importante, pues podemos reducir o incluso anular la señal, dependiendo de la combinación:

- Conectores FLAT: pueden conectarse entre sí o con conectores PC;
- Conectores PC: puedes conectarse con FLAT, entre si o con conectores SPC y UPC;
- Conectores APC: son compatibles solamente entre sí.

3.5.8. Procesos de conectorización

Los conectores ópticos utilizados en los sistemas de telecomunicaciones se montan en laboratorios apropiados y deben evaluarse por su pérdida de inserción, determinada en dB.

El montaje de un conector sigue el proceso presentado a continuación:

1. Preparación del cable;

2. Montaje del conector;

3. Cura de la resina;

4. Pulimento;

5. Pruebas ópticas.

La atenuación elevada en el conector puede ser causada por la calidad del montaje del conector y las características de la cara pulida.

- Fibra rota o con trizas;
- Rayas en la cara del conector;
- Deficiencia en el pulimiento realizado para retirar impurezas e irregularidades;
- Suciedad.

3.5.9. Conectores ópticos

Los conectores ópticos tienen la función de conectar la fibra al componente óptico de los equipos de modo rápido y eficiente. Es un componente de extrema importancia en la red y su desempeño puede comprometer la confiabilidad del sistema.

Existen varios tipos de conectores ópticos en el mercado, cada uno dirigido a una aplicación variando en formatos y forma de fijación (encaje o rosca).

Los conectores son todos machos, es decir, los cerrojos son estructuras cilíndricas o cónicas que son inseridos en adaptadores ópticos.

3.5.9.1. Conector Monomodo ST-PC

Características:

- Especificaciones: Procedimientos FOTP – Normas EIA;
- Conector: ST con cerrojo en Circonio;
- Pulimento: Tipo contacto físico;
- Perdidas de retorno: >40dB;
- Baja perdida por inserción (SM): >40dB (PC); >45dB (SPC);
- Perdida por inserción: 0,5dB máximo;
- Durabilidad (1000 conexiones): Aumento máximo < 0,2dB por conexión.

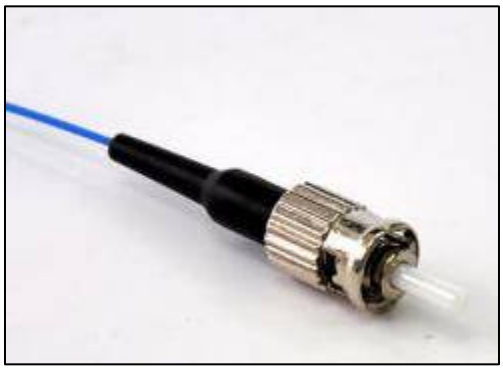

Figura 3.18. Conector Monomodo ST-PC.

3.5.9.2. Conectores Monomodo FC-APC

Características:

- Especificaciones: Procedimientos FOTP – Normas EIA;
- Conector: FT con cerrojo en Circonio;

- Pulimento: Tipo contacto físico en ángulo de 8°;
- Perdidas de retorno: >65dBL;
- Baja perdida por inserción;
- Perdida por inserción: 0,5dB máximo;
    - Durabilidad (1000 conexiones): Aumento máximo < 0,2dB por conexión.

Figura 3.19. Conector Monomodo FC-APC.

3.5.9.3. Conectores Monomodo E2000-APC

Características:

- Especificaciones: Procedimientos FOTP – Normas EIA;
- Conector: E2000 con cerrojo en Circonio;
- Pulimento: Tipo contacto físico en ángulo de 8°;
- Perdidas de retorno: >65dB;
- Baja perdida por inserción;
- Perdida por inserción: 0,5dB máximo;
- Durabilidad (1000 conexiones): Aumento máximo < 0,2dB por conexión.

Figura 3.20. Conector Monomodo E2000-APC.

3.5.9.4. Conectores Monomodo ESCON

Características:

- Especificaciones: Procedimientos FOTP – Normas EIA;
- Conector: ESCON con cerrojo en Circonio;
- Pulimento: Tipo contacto físico;
- Perdidas de retorno: >40dBL;
- Baja perdida por inserción;
- Perdida por inserción: 0,5dB máximo;
- Durabilidad (1000 conexiones): Aumento máximo < 0,2dB por conexión.

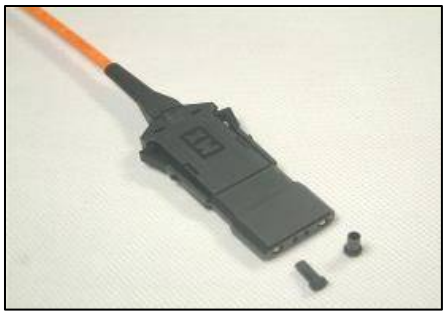

Figura 3.21. Conector Monomodo ESCON.

3.5.9.5. Conectores Monomodo SC-PC

Características:

- Especificaciones: Procedimientos FOTP – Normas EIA;
- Conector: SC con cerrojo en Circonio;
- Pulimento: Tipo contacto físico;
- Perdidas de retorno: >40dBL;
- Baja perdida por inserción (SM): >40dB(PC); >45dB (SPC);
- Perdida por inserción: 0,5dB máximo;
- Durabilidad (1000 conexiones): Aumento máximo < 0,2dB por conexión.

Figura 3.22. Conector Monomodo SC-PC.

3.5.9.6. Conectores Monomodo SC-APC

Características:

- Especificaciones: Procedimientos FOTP – Normas EIA;
- Conector: SC con cerrojo en Circonio;
- Pulimento: Tipo contacto físico en ángulo de 8°;

- Perdidas de retorno: >60dBL;
- Baja perdida por inserción;
- Perdida por inserción: 0,5dB máximo;
- Durabilidad (1000 conexiones): Aumento máximo < 0,2dB por conexión.

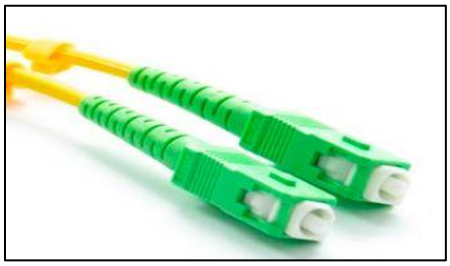

Figura 3.23. Conector Monomodo SC-APC.

3.5.9.7. Conectores Monomodo LC/LC-PC

Características:

- Especificaciones: Procedimientos FOTP – Normas EIA;
- Conector: SC con cerrojo en Circonio;
- Pulimento: Tipo contacto físico;
- Baja perdida por inserción (SM): >40dB(PC); >45dB (SPC);
- Perdida por inserción: 0,5dB máximo;
- Durabilidad (1000 conexiones): Aumento máximo < 0,2dB por conexión.

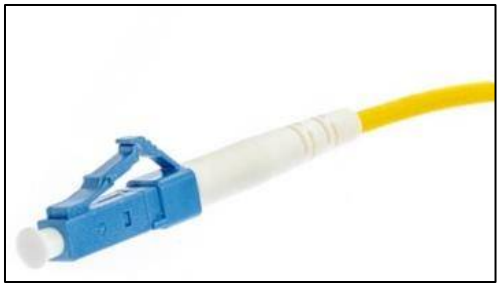

Figura 3.24. Conector Monomodo LC/LC–PC.

3.5.9.8. Conectores Monomodo MTRJ

Características:

- Especificaciones: Procedimientos FOTP – Normas EIA;
- Pulimento: Tipo contacto físico;
- Perdidas de retorno (SM): >40dB(PC); >45dB (SPC);
- Baja perdida por inserción;
- Perdida por inserción: 0,5dB máximo;
- Durabilidad (1000 conexiones): Aumento máximo < 0,2dB por conexión.

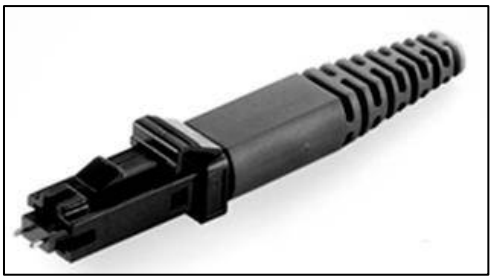

Figura 3.25. Conector Monomodo MTRJ.

3.5.9.9. Conectores Monomodo FC-PC

Características:

- Especificaciones: Procedimientos FOTP – Normas EIA;

- Conector: FC con cerrojo en Circonio;
- Pulimento: Tipo contacto físico;
- Perdidas de retorno: >40dB;
- Baja perdida por inserción (SM): >40dB(PC); >45dB (SPC);
- Perdida por inserción: 0,5dB máximo;
- Durabilidad (1000 conexiones): Aumento máximo < 0,2dB por conexión.

Figura 3.26. Conector Monomodo FC-PC.

3.5.9.10. Conectores Monomodo y Multimodo MTP/MPO

Características:

- Compatible con conectores ópticos MTP/ MPO;
- Pérdida de Inserción: 0,75dB máximo.

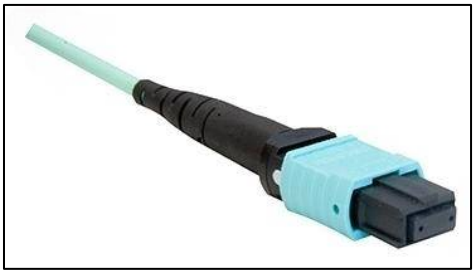

Figura 3.27. Conector Multimodo MTP/MPO.

La norma ANSI/TIA/EIA-568-A definió como conector estándar el SC y en su revisión ANSI/TIA/EIA-568-B.3, paso a aceptar nuevos modelos denominados Small Form Factor (SFF). Estos conectores deben estar de acuerdo con TIA Fiber Optic Connector Intermateability Standard (FOCIS).

Para identificación se utiliza el color beige para los conectores, adaptadores y enchufes con fibra Multimodo (MM), el color azul para los sistemas Monomodo (SM) y el color verde para conectores con pulimento APC.

Figura 3.28. Conectores ópticos tipo SFF.

Los conectores SFF surgieron como soluciones propietarias de cada fabricante dentro de su sistema de cableado estructurado. El MT-RJ fue el primero a liberar su Patente, utilizándose en los switches Gigabit Ethernet en sustitución a las interfaces SC. En la secuencia, el conector LC también fue liberado y con desempeño superior al MT-RJ, fue rápidamente adoptado por los fabricantes de switches para sus puertos ópticos y sus tranceivers tipo Small Form Factor Plug and Play (SFP).

Criterio de Perdida por Inserción			Criterio de Perdida por Retorno	
	Valor Típico	Valor Máximo		Valor Mínimo
CLASE I	0,5dB	0,8dB	Categoría A	>30dB
CLASE II	0,3dB	0,5dB	Categoría B	>40dB
CLASE III	0,15dB	0,3dB	Categoría C	>50dB
-	-	-	Categoría D	>60dB

Tabla 3.10. Clasificación de conectorización Óptica - Fuente Furukawa.

Tipo			Perdida por Inserción	Perdida por Retorno
Conector	Pulimiento	Fibra	Típica – Máxima	Mínima
SC	APC	SM	0,15 - 0,30	>60
E2000	APC	SM	0,15 - 0,30	>60
FC	APC	SM	0,15 - 0,30	>60
SC	SPC	SM	0,30 - 0,50	>40
SC	UPC	SM	0,15 - 0,30	>50
ST	SPC	SM	0,30 - 0,50	>40
ST	UPC	SM	0,15 - 0,30	>50
FC	SPC	SM	0,30 - 0,50	>40
FC	UPC	SM	0,15 - 0,30	>50
LC	SPC	SM	0,30 - 0,50	>40
LC	UPC	SM	0,15 - 0,30	>50
MT-RJ	-	SM	0,50 - 0,80	>40
SC	SPC	MM	0,30 - 0,50	>30
SC	UPC	MM	0,15 - 0,30	>30
ST	SPC	MM	0,30 - 0,50	>30
ST	UPC	MM	0,15 - 0,30	>30
FC	SPC	MM	0,30 - 0,50	>30
FC	UPC	MM	0,15 - 0,30	>30
LC	SPC	MM	0,30 - 0,50	>30
LC	UPC	MM	0,15 - 0,30	>30
MT-RJ	-	MM	0,50 - 0,80	>30

Tabla 3.11. Perdida de inserción y de retorno de los principales conectores y pulimentos – Fuente Furukawa.

3.5.10. Adaptadores ópticos

Los adaptadores ópticos desempeñan la función de unir dos conectores, actuando como alineador óptico de altísima precisión. Para cada tipo de conector tenemos un adaptador.

3.5.10.1. Adaptador óptico ST/ST - PC

Características:

- Compatible con conectores ópticos ST;
- Manguitos de Circonio o Bronce (MM);
- Especificaciones: (@ 1310nm);
- Perdida de Inserción: 0,3dB máximo;
- Durabilidad (500 conexiones): Aumento máximo <0,2dB por conexión.

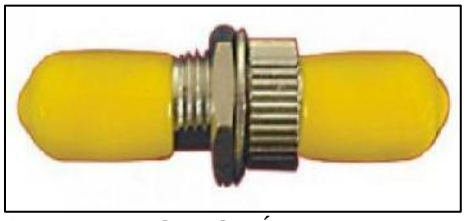

Figura 3.29. Adaptador Óptico ST/ST – PC.

3.5.10.2. Adaptador óptico SC/SC - PC

Características:

- Compatible con conectores ópticos SC;
- Manguitos de Circonio o Bronce (MM);
- Especificaciones: (@ 1310nm);
- Perdida de Inserción: 0,15 dB máximo;
- Perdida de retención: -200 ~ 600g;
- Durabilidad (1000 conexiones): Aumento máximo <0,2dB por conexión.

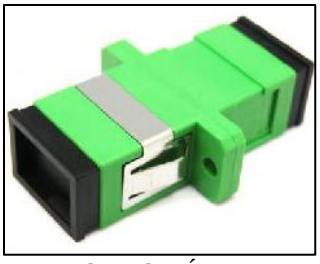

Figura 3.30. Adaptador Óptico SC/SC – PC.

3.5.10.3. Adaptador óptico FC/FC - PC

Características:

- Totalmente compatible con conectores ópticos FC;
- Manguitos de Circonio o Bronce (MM);
- Especificaciones: (@ 1310nm);
- Perdida de Inserción: 0,15 dB máximo;
- Fuerza de retención: -200 ~ 600g;
- Durabilidad (500 conexiones): 0,2dB. Aumento máximo <0,2dB por conexión.

Figura 3.31. Adaptador Óptico FC/FC – PC.

3.5.10.4. Adaptador óptico MTP

Características:

- Totalmente compatible con conectores ópticos MTP;

- Pérdida de Inserción: 0,3 dB máximo.

Figura 3.32. Adaptador Óptico MTP/MPO.

3.6. Componente de redes ópticas

3.6.1. Accesorios ópticos de uso interno

3.6.1.1. Cordones ópticos de uso general

Se montan en fábrica en condiciones de proceso controlado con cables ópticos de tipo “tight” (Zip-Cord o Cordón Monofibra) y con los principales tipos de conectores ópticos, usados en aplicaciones Gigabit Ethernet o 10Gigabit Ethernet.

3.6.1.2. Cordón Zip-Cord

Este cable denominado también Duofiber está formado por dos fibras ópticas multimodo (MM) o monomodo (SM) con revestimiento primario en acrilato y secundario en PVC sobre las cuales se colocan elementos de tracción de alambres dieléctricos y revestimiento en PVC que no propaga la llama con diámetro externo de 2mm.

3.6.1.3. Cordón Monofibra

Cable óptico denominado también Singlefiber está formado por una fibra óptica multimodo (MM) o monomodo (SM), con revestimiento primario en acrilato y secundario en PVC, sobre los cuales se colocan elementos de tracción de alambres dieléctricos y revestimiento en PVC que no propaga la llama, con diámetro externo de 2mm por cordón.

3.6.1.4. Cordón óptico COA-SM-DP y COA-NZD-DP

Con características de no propagación a la llama, estos cordones están indicados para instalaciones internas de centrales telefónicas, edificios comerciales, industriales o aplicaciones donde se exija seguridad a la no propagación de llama.

3.6.1.5. Cordón óptico COA-X-MF

Cordón óptico formado por una fibra aislada tipo “Tight”, elementos de tracción dieléctrico y revestimiento externo en material termoplástico que retarda la llama, indicado para instalaciones internas en centrales telefónicas, edificios comerciales, industriales o aplicaciones donde se exija seguridad a la no propagación de la llama.

3.6.1.6. Extensiones ópticas

Se montan en fábrica, en condiciones de proceso controlado, con cables ópticos de tipo “Tight” (Zip-Cord o Cordón Monofibra) y con los principales tipos de conectores ópticos. Se aplica en sistemas Gigabit Ethernet o 10Gigabit Ethernet.

3.6.1.7. Kit de extensiones ópticas conectorizadas para Dio

Está formado por cable drop (Singlefiber o Duofiber) con conectorización solamente en una de las extremidades y suministrado con soporte para 02 fibras, 02 adaptadores ópticos y 02 extensiones ópticas en fibras multimodo (MM) y monomodo (SM), con los principales tipos de conectores ópticos.

Es importante destacar que este kit depende del modelo del DIO.

3.6.1.8. Distribuidor Interno Óptico

El DIO es un accesorio de terminación del cable óptico que permite el enrutamiento de las fibras ópticas según la necesidad de aplicación en la red. Es un producto de uso interno, utilizado en sistemas de cableado estructurado para transporte de voz, datos e imágenes, según requisitos de la norma ANSI/TIA/EIA-568B.3.

El DIO puede instalarse en rack de 19”, directamente en la pared con o sin bandeja y puede estar ubicado en Salas de Equipos (EQ), Salas de Telecomunicaciones (TR) o Armario de Distribución.

El DIO es el dispositivo de maniobra de servicios de backbone o para cableado horizontal, ejerciendo la misma función de los Patch Panels en el Cableado Metálico.

El DIO está formado por tres componentes principales: Modulo Básico, Kit Bandeja de Empalme y Extensiones Ópticas Conectorizadas.

3.6.1.9. Módulo básico

El módulo básico es responsable por acomodar y proteger los empalmes ópticos de transición entre el cable óptico y las extensiones ópticas. Se confecciona en acero, resistente contra corrosión, para las condiciones específicas de uso en ambientes internos (EIA/TIA 569B) con inmunidad a las interferencias electromagnéticas.

3.6.1.10. Kit de bandeja de Empalme 12F o 24 F

La Bandeja de Empalme es responsable por acomodar los empalmes ópticos con los protectores de empalmes y está disponible en dos opciones: 12 o 24 fibras. Es parte de los DIOs, existiendo un kit específico para cada modelo.

3.6.1.11. Protectores de empalme

Es un tubo termo retráctil de 60nm, con elemento de sustentación mecánica en acero, responsable por proteger el empalme óptico por fusión. Se suministran con 12 piezas (Kit 12F) o 24 piezas (Kit 24F).

3.6.1.12. Fisa Optic Block (FOB)

El Optic Block se utiliza internamente para protección y acomodación de empalmes ópticos. Presenta cuatro accesos, limitados al diámetro útil de 13mm para entrada de cables y/o extensiones ópticas. Es un dispositivo con montaje sencillo y rápido, permitiendo instalación en cualquier superficie plana y se suministran con todos los materiales auxiliares necesarios para su montaje.

El Optic Block presenta las mismas funciones del PTO (Punto de Terminación Óptica) que puede atender 2 o 12 fibras.

3.6.2. Soluciones para ambientes de alta densidad

El DIO HDMOD se desarrolló para aplicaciones en ambientes de alta densidad de fibras, como áreas de Data Centers y Storage Area Networks, según requisitos de la norma TIA-942 y adecuado a sistemas de cableado estructurado óptico, según requisitos de la norma ANSI/TIA/EIA-568.B-3.

DIO HDMOD presenta bastidor óptico que permite la aplicación utilizando casetes, cordones y cables preconectorizados de la línea TeraLan HD o sistemas tradicionales con terminación directa o empalme por fusión.

El DIO HDMOD presenta espacio para 3 casetes.

3.6.3. Caja de empalme óptico externo

La caja de empalme de fibra óptica protege los hilos de fibra óptica del medio externo, al mismo tiempo que protege los empalmes de fibras ópticas del medio externo, al mismo tiempo que proporciona una reentrada rápida y simple, sin costos adicionales. Estas cajas pueden instalarse en pedestales por sobre el suelo, cajas subterráneas o en postes.

Las cajas de empalme de fibras ópticas presentan una tapa de polipropileno, trabada por una presilla de acero inoxidable y sellada por un anillado de caucho contráctil a frio, inserido a través de la base de la caja y del anillo de aislamiento gelatinoso, al tirar el cordón de plástico, el tubo sufrirá una deformación (contracción), formando un sello resistente al agua y aire.

No son necesarias herramientas especiales, tales como fuentes de alimentación o sopletes para ejecutar el montaje y para reentrada, basta abrir la presilla.

Las cajas de Empalme ofrecen capacidad variable y pueden ser presurizables, con capacidad para hasta 12 cables con empalme de tope o en línea.

Las cajas de Empalme ofrecen capacidad variable y pueden ser presurizables, con capacidad para hasta 12 cables con empalme de tope o en línea.

Figura 3.33. Caja de Empalme Corning.

3.7. Instalación de redes ópticas

3.7.1. Instalación de cables ópticos

La instalación de cables ópticos es más crítica que la de cables UTP debido a la fragilidad de las fibras. Antes de cualquier instalación, es necesario analizar la infraestructura existente, pues es imposible realizar una buena instalación con una infraestructura inadecuada.

3.7.2. Seguridad del trabajo.

Durante las actividades de instalación, es muy importante la seguridad del equipo de trabajo, y cada actividad presenta riesgos característicos que determinan los equipos de protección tanto EPIs como EPCs que deben utilizarse.

Debemos cumplir las Normas de Reglamentación, en especial NR-10 (Seguridad en Instalaciones y Servicios en Electricidad) y NR-33 (Seguridad y Salud en los Trabajos en Espacios Confinados).

3.7.3. Cuidado de cables ópticos

Antes de poner en marcha la instalación es importante prestar atención en las siguientes recomendaciones:

- Antes de desenrollar las bobinas con los cables ópticos, verificar visualmente y con equipos (OTDR o Power Meter) su continuidad;

- Las bobinas con los cables ópticos deben ser descargadas y desenrolladas obedeciendo las recomendaciones del fabricante;

- En la bobina deben permanecer dos personas, una para controlar el desenrollado del cable y la otra guiando su entrada en el ducto o en la polea de guía, sin empujar el cable;

- Los cables ópticos deben traccionarse en cables-guía, camisas de tracción y destrenzadores, con monitoreo de dinamómetro, evitando exceso de carga de tracción;

- La fuerza de tracción aplicada a los cables deberá obedecer las recomendaciones del fabricante;

- La camisa de tracción debe fijarse directamente en el revestimiento externo del cable. También podemos confeccionar un arnés de tracción directamente en el cable, utilizando los elementos de tracción, fibras de elemento pultrudado o fibras de aramida;

- Las extremidades de los cables ópticos deben ser protegidas para que no haya penetración de aire o humedad;

- El radio de curvatura mínimo durante la instalación es 40 veces el diámetro del cable y 20 veces en la acomodación;

- Los cables ópticos no deben ser estrangulados, torcidos, prensados o pisados;

- Después de instalado, el cable no debe ser dejado bajo ninguna tracción, excepto aquella de su propio peso;

- Durante la instalación el cable no deberá sufrir golpes;

- Cada instalación del cable óptico no deberá sobrepasar la especificación de la tecnología que soportará;

- La instalación del cable óptico fuera de la bobina deberá realizarse en forma de 8, considerando el radio de curvatura del cable;

Figura 3.34. Cable dispuesto en forma de 8.

- Todos los cables UTP deben identificarse con materiales resistentes a la instalación, para que pueda reconocerse e instalarse en sus respectivos puntos;

- No utilizar productos químicos como vaselina, jabón, detergentes, etc, para facilitar instalación de los cables ópticos en el interior de los electroductos, pues esos productos pueden deteriorar el revestimiento de protección de los cables, reduciendo su vida útil. Para eso existen las normas con las tasas de ocupación de las infraestructuras;

- Lo ideal es que la infraestructura este dimensionada adecuadamente para que no haya necesidad de utilizar productos químicos o provocar tracciones excesivas a los cables ópticos;

- Evite reutilizar cables ópticos de otras instalaciones;

- Los cables ópticos no deben instalarse en infraestructuras que presenten esquinas vivas o rebabas que puedan provocar daños;

- La temperatura máxima de operación permitida para el cable es 60°C;

- Para operación en temperaturas superiores, existen cables especiales;

- Evite instalar los cables ópticos en la misma infraestructura con cables de energía y/o conexión a tierra, para garantizar su protección mecánica;

- Los cables ópticos deben pelarse solamente lo necesario, es decir, solamente en los puntos de terminación y de empalme;

- En las cajas de paso, prever por lo menos una vuelta de cable óptico contornando las laterales de la caja de paso para utilizarse como sobra estratégica para un eventual mantenimiento del cable óptico. Esta sobra de cable debe ser debidamente fijada en barras laterales de fijación (Perfilado) con abrazaderas plásticas ajustables, sin perjudicar la geometría del cable;

- En los puntos de empalmes debe dejarse, como mínimo, 3 metros de cable en cada extremidad, para que haya sobra suficiente para los empalmes ópticos;

- Las sobras de los cables deben acomodarse convenientemente y mantenerse fijas con abrazaderas plásticas ajustables o con cordones encerados.

3.7.4. Instalación de cables internos

Algunos cables ópticos de uso interno pueden utilizarse externamente, de acuerdo con el fabricante, como, por ejemplo, el Fiber-Lan Indoor/Outdoor de FURUKAWA.

Entre las características comunes de los cables internos, encontramos la clasificación de flamabilidad del revestimiento externo y fabricación tipo “tight”. La instalación de estos cables se realiza en los caminos internos constituidos por canaletas eléctricas, electroductos, sleeves y slots, debiendo observarse las tasas de ocupación y recomendaciones normadas.

En el cableado de backbone, debido al peso del propio cable, debemos observar:

- Al instalar un backbone de fibra óptica en la vertical, la carga de tracción se reduce al empezar la instalación a partir de la parte superior de la vía vertical hacia abajo;

- Debe considerarse la carga de tracción al determinar el radio de curvatura mínimo en la parte superior de la vía vertical;

- Los cables del backbone instalado deben ser soportados en la parte superior de la vía y por lo menos a cada tres pisos, sin embargo, se recomienda sostener el cable en cada piso;

- Los mecanismos de soporte y sustentación deben sujetar el cable y nunca aplastarlo.

3.7.5. Instalación aérea

Antes de iniciar la instalación del cable, es necesario verificar la ruta y los postes por donde será instalado, verificando los siguientes detalles:

- Los postes deben estar en condiciones de recibir el cableado y debe verificarse el número, el tipo de poste y si tiene resistencia suficiente para soportar la tracción que exigirá la instalación.

- Deben verificarse las condiciones del terreno donde se instalará el cable, considerando los obstáculos que dificulten la instalación, tales como, arboles, ríos, vías públicas, entre otros, providenciando los recursos necesarios para trasponer esos obstáculos.

- Verificar los puntos críticos donde posiblemente se encontrarán dificultades en el momento de la instalación como por ejemplo las dificultades para la instalación de los herrajes de fijación.

Las instalaciones aéreas de cables ópticos pueden ser devanadas o auto soportado. Cada tipo exige técnica y cuidados especiales para instalación adecuada.

3.7.6. Cajas de Empalme

Las cajas de empalme se destinan a los empalmes de cables ópticos aéreos, devanados en cordaje o directamente enterrados y se utilizan generalmente como accesorios de transición entre el cable alimentador y el drop para derivación de cables ópticos, para efecto de desmembración de rutas o para almacenamiento de reserva técnica de fibras ópticas.

Figura 3.35. Caja de empalmes Furukawa.

3.7.7. Empalmes ópticos

Los empalmes surgen de la necesidad de dar continuidad a un tramo de cable óptico que se está instalando, uniendo ese cable a una extensión óptica con un conector o de convertir un tipo de cable (loose) a otro tipo de cable (tight) o para la conexión de un equipo de prueba, etc. Respecto a las terminaciones ópticas, ellas están formadas por conectores ópticos que realizan la conexión del cable óptico al terminal del equipo. Para cada tipo de empalme existe un tipo de proceso de preparación de fibra, que exigen cuidados especiales para su realización.

Describiremos a continuación el proceso de preparación para ejecución de un empalme por fusión.

3.7.7.1. Procedimiento para empalme óptico

1.- Decapar el cable: El primer paso para el empalme es pelar el cable y retirar la fibra de aramida, siendo que cada tipo de cable requiere un proceso y una herramienta de acuerdo con su protección;

2.- Retirar el tubo loose: Para los cables loose, debe retirarse el tubo loose y ejecutarse la limpieza de todo el gel.

3.- Decapar la fibra: Después de realizar la limpieza de la fibra, es necesario retirar el acrilato con la utilización de decapador. La fibra decapada no podrá ser tocada para evitar la contaminación y la destrucción de la fibra por la transpiración de las manos;

4.- Limpieza de la fibra: La limpieza debe realizarse con alcohol isopropílico y gasa o pañuelo de papel, siempre en el sentido hacia afuera de la fibra;

5.- Segmentación de la fibra: El proceso de segmentación es el corte de la fibra en 90°, con o uso del clivador (cleaver). Después del proceso de segmentación no deberá limpiarse la fibra nuevamente;

6.- Empalme de la fibra: El empalme podrá ejecutare por proceso mecánico o por fusión.

3.8. Proyectos de Sistemas ópticos

3.8.1. Sistemas ópticos de Comunicación

La planificación y proyecto de una red óptica de alta capacidad incluyen la optimización de un gran número de parámetros asociados no solamente al medio de transmisión, sino también al transmisor, receptor y al amplificador óptico, cuando sea necesario.

En particular, en los sistemas WDM, la degradación de la relación señal-ruido y los efectos no-lineales en fibra deben evaluarse cuidadosamente.

Actualmente, diversos grupos de investigación de todo el mundo se dedican al desarrollo de herramientas informáticas extensivamente usadas para modelar el comportamiento de Redes Locales (LAN) y de Larga Distancia (WAN) implementadas con la tecnología óptica.

3.8.2. Dispositivos y Equipos de Sistemas y Subsistemas ópticos

Son los equipos de transmisión y recepción incluyendo las técnicas y dispositivos de compensación de distorsiones. Básicamente, estos temas involucran el 100% de los enlaces basados en fibras ópticas.

El canal óptico está formado por fibra óptica como medio guiado, transmisores y receptores con la utilización de dispositivos semiconductores que promueven la emisión y recepción de haces de luz apropiados en las regiones de baja atenuación y dispersión (ventanas ópticas). Estos dispositivos deben presentar tamaño reducido, facilidad de acoplamiento y altísima confiabilidad.

3.8.3. Transmisor óptico

El transmisor óptico está formado por un dispositivo emisor de luz y el circuito operador o drive asociado.

Los sistemas actuales de transmisión funcionan por la emisión de una portadora luminosa, modulada directamente en intensidad, pudiendo ser digital o analógica. El dispositivo emisor de luz es el elemento activo básico del sistema, responsable por la conversión electro-óptica de las señales. Se utilizan comúnmente dos tipos de dispositivos como fuentes luminosas en sistemas de transmisión por fibras ópticas, los Diodos Laser (IDL) y los Diodos Emisores de luz (LED).

3.8.4. Receptor óptico

El receptor óptico está formado por un dispositivo fotodetector y una etapa electrónica de amplificación y filtrado. La etapa electrónica asociada al fotodetector tiene la función básica de filtrar y amplificar la señal eléctrica convertida.

Además de las fuentes convencionales de ruido asociadas a las etapas electrónicas, las fuentes de ruido características del proceso de conversión opto-eléctrica afectan también su desempeño.

En el receptor, es necesario recuperar las señales transmitidas en diferentes largos de ondas sobre la fibra y los fotodetectores son dispositivos con banda ancha, por ello las señales ópticas son demultiplexadas antes de alcanzar el detector.

3.8.5. Amplificador óptico

Amplificadores ópticos son dispositivos para amplificar una señal débil y distorsionada, con el objeto de regenerar la señal. La amplificación se realiza a través de un repetidor eléctrico, que convierte la señal óptica en una señal eléctrica por medio de un fotodiodo. La señal eléctrica se amplifica y convierte nuevamente en señal óptica.

Dentro de un sistema multicanal, cada canal requiere una transformación opto-eléctrica separada, con amplificación y transformación eléctrica-óptica. De esa forma, para un sistema de *n* canales serán necesarios *n* repetidores.

El amplificador óptico opera en el dominio óptico sin convertir la señal en pulsos eléctricos y actúa en la banda específica del espectro de frecuencia, optimizado para operar con la fibra existente, permitiendo el aumento de señales de luz.

La amplificación óptica y la capacidad de transmisión son independientes de la tasa de bit y el tipo de amplificador óptico es independiente del protocolo de datos, por eso, amplificadores ópticos son especialmente interesantes para sistemas DWDM.

3.8.6. Arquitectura de Sistemas ópticos de comunicación

Es la forma como se realiza la distribución de las señales en sistemas CATV y servicios locales de telecomunicaciones, utilizándose las plataformas en topología estrella, bus y anillo.

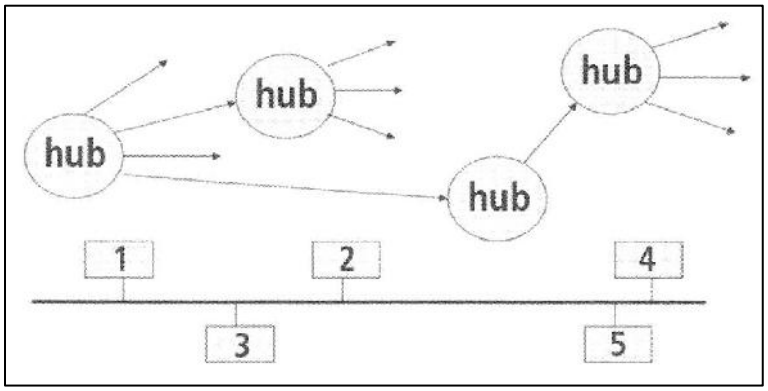

Figura 3.36. Conexión punto-a-punto HUB y BUS.

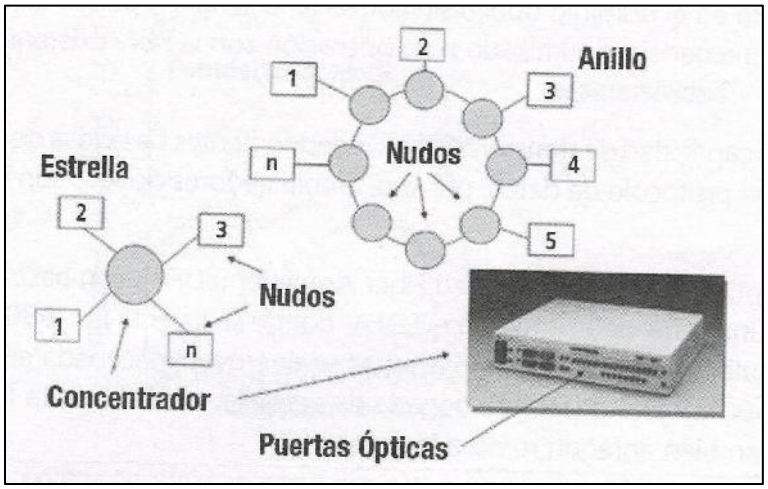

Figura 3.37. Conexión punto-a-punto Estrella y Anillo.

3.9. Planta Externa

Planta externa es toda la infraestructura exterior, puede ser medios enterrados, tendidos o dispuestos a la intemperie por medio de los cuales una empresa de telecomunicaciones o energía ofrece sus servicios al cliente.

3.9.1. Tipo de cable / Span

El cable de Fibra óptica debe ser totalmente dieléctrico y auto soportante. Se debe tomar en cuenta aplicaciones en Voltajes Extra Altos como 500 kV.

El Span (Vano máximo del enlace) es la distancia máxima entre vanos (postes) que se van a tener en el enlace. Normalmente los fabricantes trabajan con una tolerancia de un 20% con máximo.

Los tipos de Cables a usar son:

Tipo de cable / Span	Vano
ADSS 200	Hasta 200 + 20%
ADSS 400	Hasta 400 + 20%
ADSS 600	Hasta 600 + 20%
ADSS 1000	Hasta 1000 + 20%

Tabla 3.12. Vano máximo según Span – Fuente Corning.

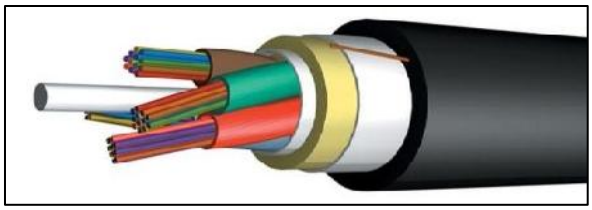

Figura 3.38. Fibra óptica ADSS.

3.9.2. Flecha máxima

La Flecha máxima es que tanta catenaria puede tener el cable.

Una catenaria es una curva ideal que representa físicamente la curva generada por una cuerda o cable sin rigidez flexional, suspendida de sus dos extremos y sometida a un campo gravitatorio uniforme.

Los valores a usar son:

Vano	Flecha
001 < 400.9	1.01%
>= 400.9 < 800.9	1.02%
>= 800.9 < 1000.9	1.03%
>= 1000.9 a +	1.05%

Tabla 3.13. Flecha máxima según vano – Fuente Corning.

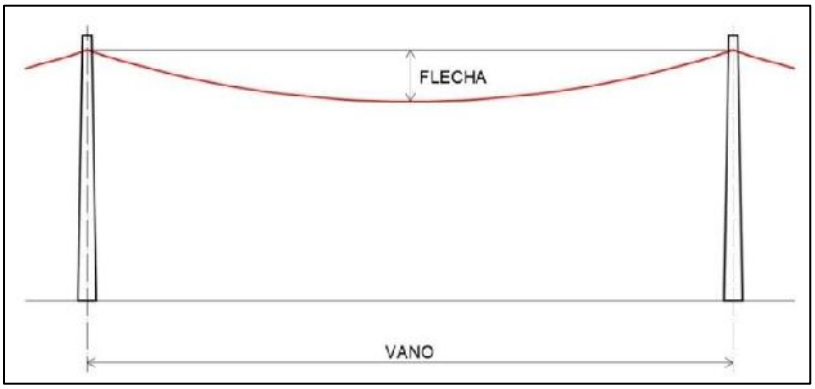

Figura 3.39. Flecha máxima.

3.9.3. Tipos de herrajes

En fibra óptica los herrajes de Retención y Suspensión son elementos usados para fijación del cable a la postería.

3.9.3.1. Herraje de Retención

Se utilizan dos por poste en rutas de cable donde hay cambios de dirección y/o existen vanos considerablemente largos.

Nomenclatura	Vano
R1	Retención vano 0 - 100
R2	Retención vano 101 - 200
R3	Retención vano 201 - 300
R4	Retención vano 301 - 400
R5	Retención vano 401 - 600
R6	Retención vano 601 - 1000

Tabla 3.14. Herraje de Retención según vano – Fuente Sicoax.

		HERRAJES					
		0-100	101-200	201-300	301-400	401-600	601-1000
	*	R1	R2	R3	R4	R5	R6
SPAN	200	X	x				
	400	X	x	x	x		
	600	X	x	x	x	x	
	1000	X	x	x	x	x	x

Tabla 3.15. Herraje de Retención según Span – Fuente Sicoax.

Para vanos inferiores de 200 metros no son necesarios las varillas de retención, solo el herraje de retención, abrazadera del poste o elemento de sujeción a este.

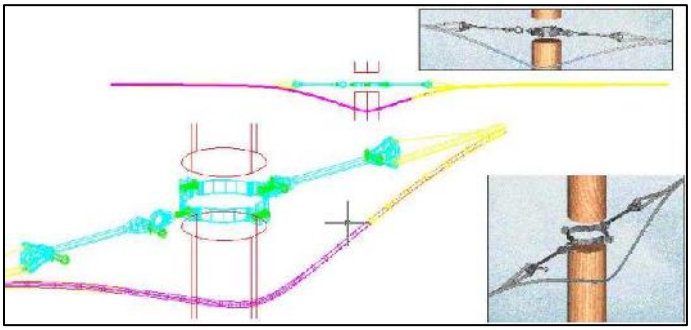

Figura 3.40. Detalle de un Herraje de Retención.

3.9.3.2. Herraje de Suspensión

Se instalan uno por poste es un herraje de paso donde no hay cambio de dirección, ni cambio de nivel.

Nomenclatura	Vano
S1	Suspensión vano 100
S2	Suspensión vano 200
S3	Suspensión vano 300
S4	Suspensión vano 400
S5	Suspensión vano 600
S6	Suspensión vano 1000

Tabla 3.16. Herraje de Retención según vano – Fuente Sicoax.

SUSPENSION
0 - 200 SPAN HASTA 10° respecto al ángulo horizontal y vertical
200 - 600 SPAN HASTA 10° respecto al ángulo horizontal y vertical
600 - 1000 SPAN HASTA 10° respecto al ángulo horizontal y vertical

Tabla 3.17. Angulo máximo de una suspensión según Span – Fuente Sicoax.

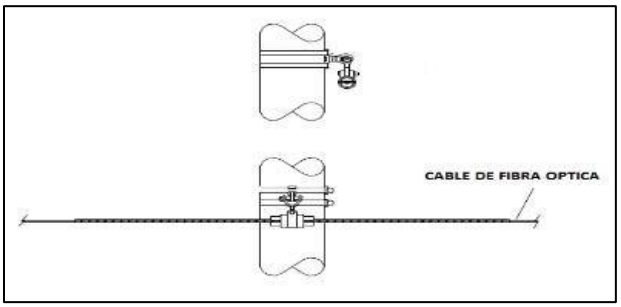

Figura 3.41. Detalle de un Herraje de Suspensión.

		HERRAJES			
		100	200	300	400
	*	S1	S2	S3	S4
SPAN	200	x	x		
	400	x	x	x	x
	600	x	x	x	x
	1000	x	x	x	x

Tabla 3.18. Herraje de Suspensión según Span – Fuente Sicoax.

Nota: Para el uso de la suspensión no debe pasar del 40% al 60%, después de una retención se puede usar como máximo hasta 8 suspensiones consecutivas terminando con una retención.

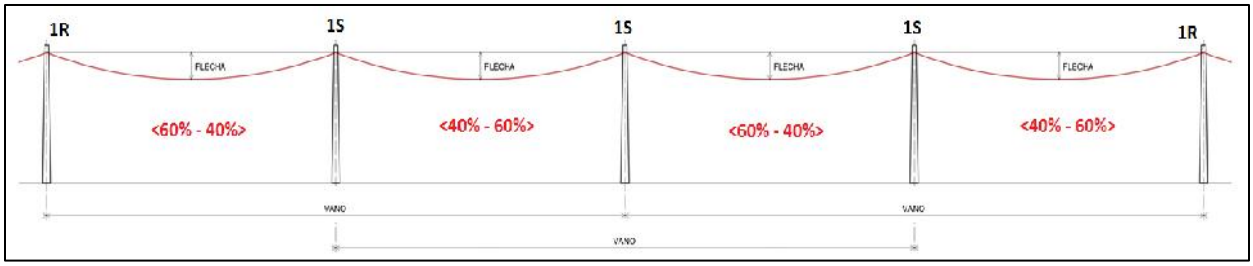

Figura 3.42. Detalle de instalación de una suspensión.

3.9.4. Nomenclatura para la elección de Ferretería

Para la nomenclatura de la ferretería, el primer término se define si es Herraje de Retención (R) o Herraje de Suspensión (S), seguido por el indicador del valor que representa el vano máximo (x) y por último se tiene el tipo de ADSS.

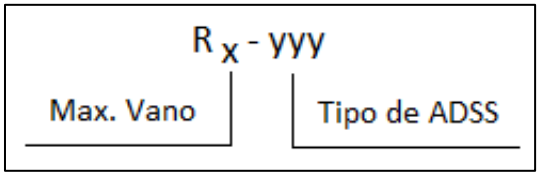

Figura 3.43. Nomenclatura de un Herraje.

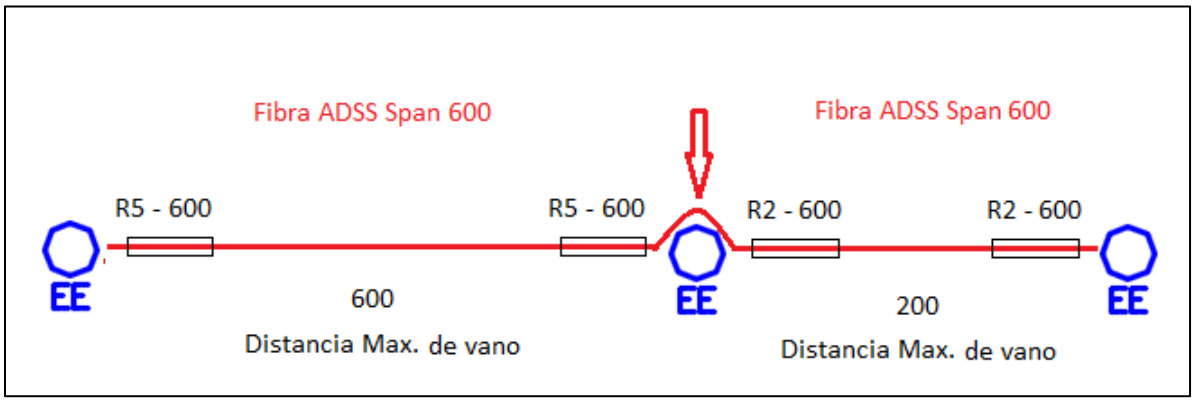

Figura 3.44. Nomenclatura de un Herraje.

4. Diseño de Ingeniería

La Red de Transporte estará conformada por fibra óptica ADSS de 48 hilos, que será desplegada sobre la infraestructura de media tensión eléctrica y postes en algunos tramos de las redes viales disponibles en el Distrito de Lalaquiz, Piura.

4.1. Red de Transporte óptico

Para desarrollar esta propuesta se conoce que se dispone de un nodo de Distribución perteneciente a Fitel, en el distrito de Yamango, provincia de Morropón; es desde este nodo donde desarrollaremos la red de Transporte de Fibra Óptica, y se conectará con el distrito de Lalaquiz donde se proyecta un Nodo de Distribución.

Nro.	Distrito	Localidad	Nodo	Latitud	Longitud
1	Yamango	Morropón	Distribución (Interconexión a RDFO)	5.179602°S	79.759189°W
2	Lalaquiz	Huancabamba	Distribución	5.222222°S	79.680130°W

Tabla 4.1. Ubicación de Nodos – Elaboración propia.

Para la Red de Transporte se hará uso de la infraestructura eléctrica, tanto de Baja Tensión como Media Tensión, además de la red vial proyectada, es por ello que se debe realizar un estudio de ingeniería de detalle para determinar la ubicación y verificación de las rutas proyectadas.

Figura 4.1. Infraestructura eléctrica.

Es importante recordar que el nodo de distribución de Yamango será el que gestiona todo el tráfico provincial, por lo cual dimensionaremos la red de transporte óptico a partir de este nodo. En la figura 3.4, se observa la ubicación de los nodos del presente estudio.

Figura 4.2. Kmz Ubicación de Nodos y ruta de F.O.

Con el estudio de ingeniería de detalle para la red de transporte, se procede a definir la distancia de tendido aéreo de fibra óptica sobre la infraestructura eléctrica y el tendido en la red vial considerada, para ello se elabora una plantilla de diseño, donde también se incluye otros datos de interés para el proyecto.

4.1.1. Ingeniería de Detalle

4.1.1.1. Planeamiento del Trabajo

Son de alta prioridad la información en mapas KMZ y las rutas de la red, información del encadenamiento entre la red vial y red eléctrica para la construcción de enlaces punto a punto.

Luego de realizar los análisis de la información disponible y de los requerimientos manifestados, se determinó que la ubicación y verificación de las rutas se debe realizar con equipos especializados para el respectivo levantamiento y verificación en campo.

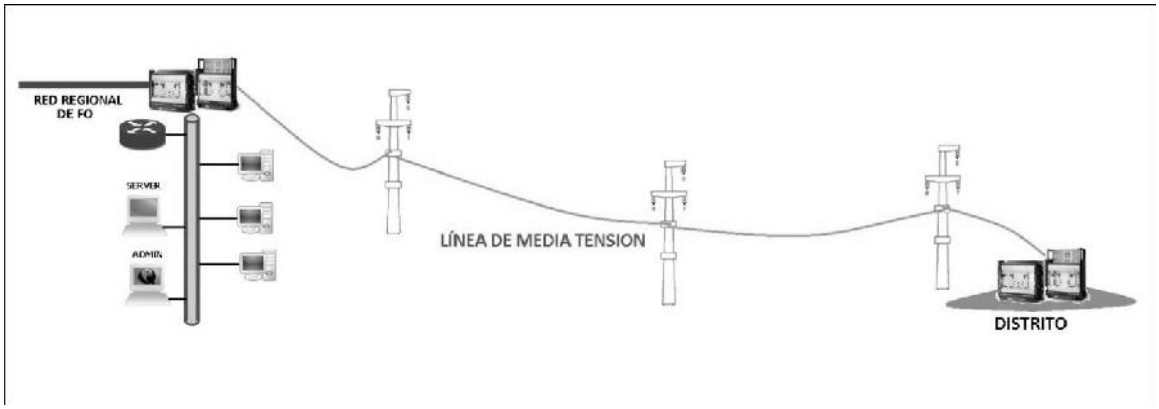

Figura 4.3. Representación gráfica de la Red.

4.1.1.2. Levantamiento de la postería de las redes eléctricas

El diseño de la Fibra Óptica se va a realizar sobre las redes eléctricas de alta, media y baja tensión, respetando la Distancia Mínima de Seguridad (DMS) y que la postería se encuentre en buen estado para la instalación de la misma.

Se procedió a levantar la información de campo, el cual consta de:

- Levantamiento de la ubicación en coordenadas geográficas (latitud, longitud, altitud y UTM) de la postería eléctrica, con un equipo de alta precisión (GPS).
- Levantamiento e identificación del tipo de postería (fierro, concreto, madera) y la empresa eléctrica a la que pertenecen.
- Levantamiento e identificación de los niveles de tensión y el uso de los postes (BT, MT)
- Levantamiento y verificación del estado de la postería eléctrica (bueno o malo).
- Levantamiento y verificación de número de cables.
- Levantamiento y verificación de distancias entre vanos y cota.
- Verificar si existe espacio disponible para un nuevo cable.

- Verificar altura de cables no eléctricos existentes.
- Verificar si existe espacio para instalación de retenidas.
- Ubicación de los postes nuevos y de apoyo para darle continuidad a la red de FO.
- Levantamiento del tipo de terreno y de la accesibilidad.

4.1.1.3. Evaluación de los postes por altura

Según el [Código Nacional de Electricidad (Suministro 2011)], la distancia mínima para la instalación del cable de comunicación con respecto al último cable de debe ser de 10 centímetros o a 60 cm. del último cable de baja tensión; en caso no se cumpla con estas premisas, se procederá a proyectar un poste de apoyo.

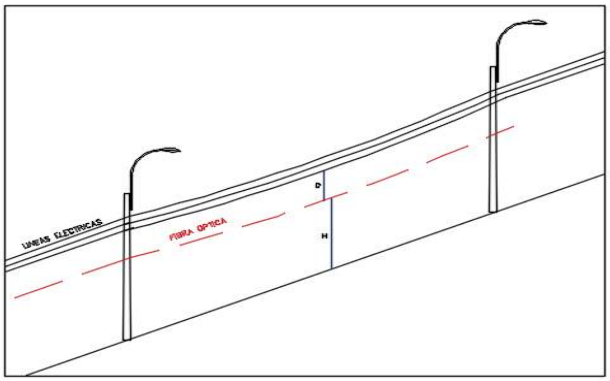

Figura 4.4. DMS fibra óptica.

A continuación, se listan las Distancias Mínimas de Seguridad (DMS) para instalar el cable de fibra óptica en la postería eléctrica:

Postes	Altura Mínima (H) en base a la catenaria	Distancia del último cable eléctrico (D)
BT	5.5 m	0.4 m
MT	5.5 m	1.4 m
AT	5.5 m	2.4 m

Tabla 4.2. DMS de F.O. con respecto al último cable eléctrico – Fuente Código Nacional de Electricidad.

4.1.1.4. Proyección de postes de apoyo y nuevos en la ruta de las redes eléctricas

Para los postes de apoyo se tiene las siguientes consideraciones:

- Proyectar postes nuevos para dar continuidad al tramo de la FO.
- Proyectar postes en caso la estructura no cumpla con la DMS.
- Proyectar postes para evitar los transformadores.
- Proyectar postes para las estructuras con derivaciones eléctricas de doble nivel.
- Proyectar postes para evitar cruces por propiedad privada y/o zonas arqueológicas.
- Proyectar postes en cruce de vías con alto tránsito vehicular.
- Proyectar postes para estructuras eléctricas en mal estado.

Figura 4.5. Kmz Yamango – Lalaquiz, parte 1.

Figura 4.6. Kmz Yamango – Lalaquiz, parte 2.

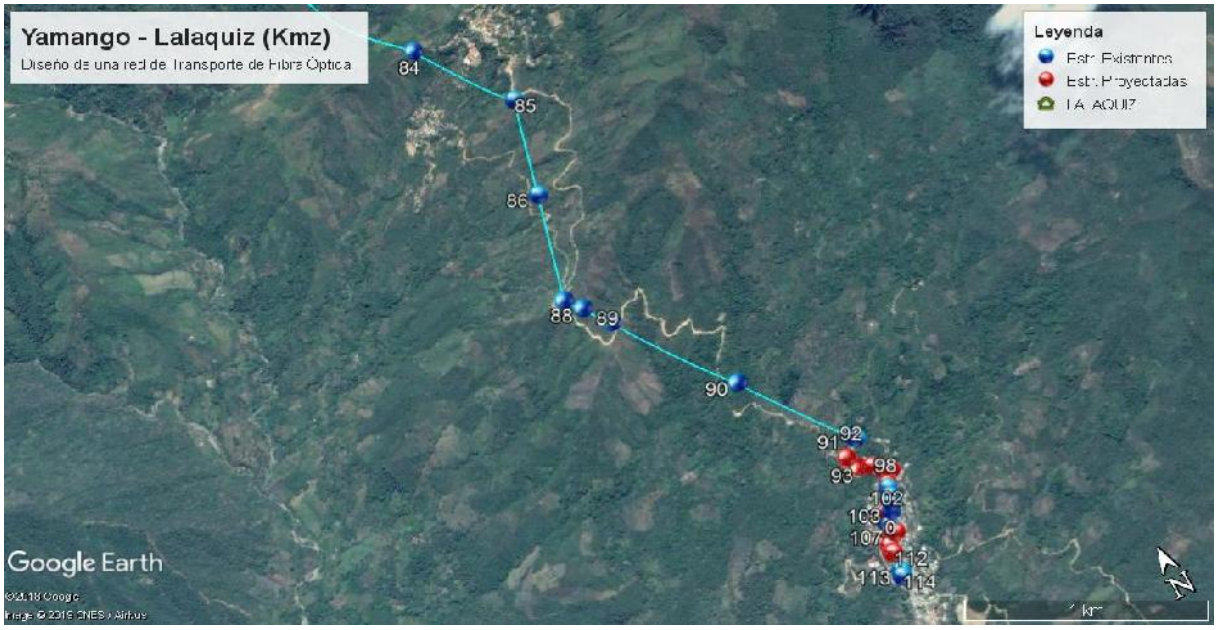

Figura 4.7. Kmz Yamango – Lalaquiz, parte 3.

4.1.2. Plantilla de Diseño

Luego de obtenida la data de campo, esta es remitida para el postproceso, colocando los datos a una plantilla Excel y completando la información solicitada.

FORMATO PLANTILLA DE DISEÑO	TRAMO:	YAVANGO - LALAQUIZ	DEPARTAMENTO:	PIURA
	LONGITUD DEL TRAMO	15,036 m	FECHA:	01/05/2018

ITEM	CODIGO ESTRUCTURA	TIPO ESTRUCTURA (EXISTENTE O PROYECTADA)	LADO VIA	VANO	FLECHA	VANO TOTAL	VANO ACUMULADO	RESERVA (m) INPUT	ABSCISA INICIAL	RESERVA (m) OUTPUT	ABSCISA FINAL	SPAN	TIPO DE EMPALME	LATITUD GRAD	LATITUD MIN	LATITUD SEG	LONGITUD GRAD	LONGITUD MIN	LONGITUD SEG
0	N/A	NODO	N.A.	0.00	0.00	0.00	0	30	0	0	30	ADSS-200	-	5°	10'	46.34" S	79°	45'	32.832" W
1	S/C	PROYECTADA	DERECHA	39.12	0.10	39.52	39.52	0	50	0	70	ADSS-200	-	5°	10'	45.84" S	79°	45'	32.853" W
2	S/C	EXISTENTE	DERECHA	55.48	0.56	56.04	95.56	55	70	0	181	ADSS-200	-	5°	10'	46.432" S	79°	45'	31.565" W
3	S/C	EXISTENTE	DERECHA	47.90	0.13	47.91	138.46	0	181	0	231	ADSS-200	-	5°	10'	45.572" S	79°	45'	29.768" W
4	S/C	EXISTENTE	DERECHA	45.29	0.46	46.45	184.92	0	233	0	270	ADSS-200	-	5°	10'	45.592" S	79°	45'	28.385" W
5	S/C	EXISTENTE	DERECHA	41.68	0.12	41.70	226.62	0	270	0	311	ADSS-200	-	5°	10'	45.432" S	79°	45'	26.892" W
6	S/C	EXISTENTE	DERECHA	63.52	0.54	64.26	290.88	0	312	0	377	ADSS-200	-	5°	10'	45.549" S	79°	45'	25.564" W
7	S/C	PROYECTADA	DERECHA	19.50	0.10	50.00	340.88	0	346	0	397	ADSS-200	-	5°	10'	41.108" S	79°	45'	21.401" W
8	S/C	EXISTENTE	DERECHA	20.53	0.21	20.53	361.47	0	450	0	441	ADSS-200	-	5°	10'	47.671" S	79°	45'	21.901" W
9	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	37.64	0.38	38.73	400.04	0	441	0	481	ADSS-200	-	5°	10'	45.537" S	79°	45'	21.327" W
10	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	67.30	0.68	67.83	467.71	40	505	0	613	ADSS-200	-	5°	10'	46.655" S	79°	45'	19.461" W
11	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	95.51	0.26	95.77	503.48	0	614	0	597	ADSS-200	-	5°	10'	47.827" S	79°	45'	17.514" W
12	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	76.78	0.27	76.83	540.33	0	652	0	565	ADSS-200	-	5°	10'	48.158" S	79°	45'	16.772" W
13	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	12.51	0.13	12.54	575.87	0	655	0	598	ADSS-200	-	5°	10'	48.640" S	79°	45'	16.047" W
14	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	36.19	0.37	37.01	609.93	40	658	0	773	ADSS-200	-	5°	10'	49.217" S	79°	45'	15.152" W
15	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	36.49	0.37	37.26	647.19	0	775	0	813	ADSS-200	-	5°	10'	48.606" S	79°	45'	14.022" W
16	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	35.50	0.36	35.85	683.04	0	812	0	848	ADSS-200	-	5°	10'	49.736" S	79°	45'	12.847" W
17	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	31.81	0.32	32.14	715.18	0	848	0	880	ADSS-200	-	5°	10'	48.829" S	79°	45'	11.693" W
18	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	34.58	0.35	35.33	750.51	0	880	0	915	ADSS-200	-	5°	10'	50.067" S	79°	45'	10.673" W
19	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	43.52	0.44	44.56	794.87	0	916	0	960	ADSS-200	-	5°	10'	[illegible]	79°	45'	9.351" W
20	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	41.76	0.42	42.49	837.36	0	960	0	1002	ADSS-200	-	5°	10'	50.322" S	79°	45'	8.131" W
21	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	33.85	0.34	34.13	871.56	0	1002	0	1037	ADSS-200	-	5°	10'	51.48" S	79°	45'	6.775" W
22	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	28.78	0.38	28.72	899.92	0	1037	0	1065	ADSS-200	-	5°	10'	50.525" S	79°	45'	5.581" W
23	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	44.71	0.45	44.96	944.88	0	1065	0	1110	ADSS-200	-	5°	10'	50.742" S	79°	45'	4.781" W
24	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	13.15	0.13	13.28	958.16	0	1110	0	1123	ADSS-200	-	5°	10'	50.214" S	79°	45'	3.481" W
25	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	20.48	0.20	20.49	978.65	0	1123	0	1144	ADSS-200	-	5°	10'	50.157" S	79°	45'	3.006" W
26	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	20.20	0.20	20.20	998.85	0	1144	0	1164	ADSS-200	-	5°	10'	50.103" S	79°	45'	2.351" W
27	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	12.47	0.13	12.50	1,011.35	0	1164	0	1177	ADSS-200	-	5°	10'	50.22" S	79°	45'	1.79" W
28	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	5.67	0.06	5.72	1,017.07	0	1177	0	1182	ADSS-200	-	5°	10'	[illegible]	79°	45'	1.309" W
29	S/C	EXISTENTE	DERECHA	7.74	0.08	7.85	1,025.19	0	1182	0	1190	ADSS-200	-	5°	10'	50.27" S	79°	45'	1.325" W
30	S/C	EXISTENTE	DERECHA	54.36	0.55	54.94	1,080.10	0	1190	0	1245	ADSS-200	-	5°	10'	[illegible]	79°	45'	1.067" W
31	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	66.48	0.67	67.15	1,147.25	40	1245	0	1352	ADSS-200	-	5°	10'	[illegible]	79°	44'	59.523" W
32	S/C	EXISTENTE	DERECHA	22.45	0.23	22.74	1,170.01	0	1352	0	1375	ADSS-200	-	5°	10'	[illegible]	79°	44'	57.2" W
33	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	31.77	0.32	32.09	1,202.10	0	1375	0	1407	ADSS-200	-	5°	10'	50.563" S	79°	44'	56.612" W
34	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	18.30	0.18	18.47	1,220.57	0	1407	0	1426	ADSS-200	-	5°	10'	50.027" S	79°	44'	55.702" W
35	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	38.58	0.39	39.17	1,259.73	0	1426	0	1465	ADSS-200	-	5°	10'	49.735" S	79°	44'	55.213" W
36	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	28.18	0.28	28.46	1,288.19	0	1465	0	1493	ADSS-200	-	5°	10'	48.475" S	79°	44'	55.152" W
37	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	35.51	0.36	35.87	1,324.07	0	1493	0	1529	ADSS-200	-	5°	10'	45.619" S	79°	44'	55.464" W
38	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	34.02	0.34	34.63	1,358.31	0	1529	0	1563	ADSS-200	-	5°	10'	45.435" S	79°	44'	55.191" W
39	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	54.23	0.55	54.77	1,413.30	0	1573	0	1618	ADSS-200	-	5°	10'	42.415" S	79°	44'	54.947" W
40	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	35.38	0.35	36.11	1,449.34	0	1618	0	1654	ADSS-200	-	5°	10'	[illegible]	79°	44'	54.552" W
41	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	24.15	0.24	24.40	1,473.74	0	1654	0	1679	ADSS-200	-	5°	10'	42.2" S	79°	44'	53.904" W
42	S/C	PROYECTADA	IZQUIERDA	32.40	0.33	32.73	1,506.47	46	1679	0	1756	ADSS-200	-	5°	10'	41.158" S	79°	44'	53.495" W
43	S/C	EXISTENTE	DERECHA	82.47	0.83	83.30	1,589.77	0	1756	0	1840	ADSS-200	-	5°	10'	41.994" S	79°	44'	52.465" W
44	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	22.54	0.23	22.57	1,612.34	0	1840	0	1862	ADSS-200	-	5°	10'	31.302" S	79°	44'	51.955" W
45	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	26.61	0.27	26.80	1,639.21	0	1862	0	1889	ADSS-200	-	5°	10'	38.925" S	79°	44'	51.283" W
46	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	90.07	0.91	90.12	1,729.33	0	1889	0	1980	ADSS-200	-	5°	10'	36.532" S	79°	44'	50.523" W
47	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	100.06	1.01	101.17	1,831.00	0	1980	0	2171	ADSS-200	-	5°	10'	35.848" S	79°	44'	50.125" W
48	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	27.33	0.28	27.61	1,918.50	30	2171	30	58	ADSS-1200	DIRECTO	5°	10'	30.551" S	79°	44'	49.312" W
49	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	282.00	2.85	284.55	2,203.05	0	58	0	342	ADSS-1200	-	5°	10'	29.9278" S	79°	44'	47.997" W
50	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	35.00	0.35	35.35	2,238.40	0	347	0	375	ADSS-1200	-	5°	10'	29.81"	79°	44'	40.73" W
51	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	525.00	5.31	531.37	2,769.77	50	150	0	75	ADSS-1200	-	5°	10'	27.9728" S	79°	44'	37.5629" W
52	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	303.00	3.06	306.58	3,076.23	0	993	0	1255	ADSS-1200	-	5°	10'	22.1874" S	79°	44'	25.4975" W
53	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	865.00	8.91	873.41	3,950.64	56	1255	0	2154	ADSS-1200	-	5°	10'	16.1114" S	79°	44'	11.0061" W
54	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	128.00	1.29	129.29	4,079.44	0	2154	0	2323	ADSS-1200	-	5°	09'	58.1319" S	79°	43'	55.2542" W
55	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	51.00	0.52	51.52	4,130.55	0	2323	0	2375	ADSS-1200	-	5°	09'	56.9716" S	79°	43'	50.9722" W
56	S/C	EXISTENTE	DERECHA	146.00	1.47	147.47	4,278.12	60	2575	0	2582	ADSS-1200	-	5°	09'	55.4181" S	79°	43'	49.7535" W
57	S/C	EXISTENTE	DERECHA	164.00	1.66	165.66	4,444.08	0	2543	0	2748	ADSS-1200	-	5°	09'	53.5597" S	79°	43'	45.0406" W
58	S/C	EXISTENTE	DERECHA	335.00	3.38	338.58	4,782.66	0	2748	0	3056	ADSS-1200	-	5°	09'	49.5107" S	79°	43'	41.9495" W
59	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	200.00	2.02	202.02	4,994.48	50	3056	0	3358	ADSS-1200	-	5°	09'	41.9293" S	79°	43'	34.4960" W
60	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	625.00	6.31	631.33	5,625.81	0	3708	0	3950	ADSS-1200	-	5°	09'	16.2101" S	79°	43'	17.5412" W
61	S/C	EXISTENTE	DERECHA	97.00	0.98	97.98	5,713.64	30	4030	30	125	ADSS-400	DIRECTO	5°	09'	21.6524" S	79°	43'	17.3740" W
62	S/C	EXISTENTE	DERECHA	248.00	2.50	250.60	5,964.34	0	120	0	372	ADSS-400	-	5°	09'	18.1403" S	79°	43'	13.3082" W
63	S/C	EXISTENTE	DERECHA	75.00	0.76	75.75	6,040.10	0	372	0	454	ADSS-400	-	5°	10'	12.72"	79°	43'	10.46" W
64	S/C	EXISTENTE	DERECHA	185.00	1.87	186.87	6,237.07	40	454	0	591	ADSS-400	-	5°	09'	10.8510" S	79°	43'	08.8581" W
65	S/C	EXISTENTE	DERECHA	345.00	3.48	348.48	6,585.55	0	691	0	1040	ADSS-400	-	5°	09'	06.4417" S	79°	43'	01.8177" W
66	S/C	EXISTENTE	DERECHA	164.00	1.66	165.66	6,751.21	0	1040	0	1205	ADSS-400	-	5°	09'	55.8816" S	79°	43'	56.0350" W
67	S/C	EXISTENTE	DERECHA	170.00	1.72	171.72	6,922.93	0	1205	0	1357	ADSS-400	-	5°	09'	30.8250" S	79°	42'	53.0920" W
68	S/C	EXISTENTE	DERECHA	406.58	4.15	410.74	7,333.55	40	1577	0	1838	ADSS-400	-	5°	09'	24.7830" S	79°	42'	58.5924" W
69	S/C	EXISTENTE	DERECHA	222.00	2.24	224.21	7,557.79	0	1838	0	2072	ADSS-400	-	5°	09'	30.1011" S	79°	42'	41.1331" W
70	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	198.00	2.00	199.86	7,757.65	0	2072	0	2272	ADSS-400	-	5°	09'	15.5645" S	79°	42'	39.1325" W
71	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	135.00	1.36	136.36	7,874.05	40	2232	0	2411	ADSS-400	-	5°	09'	30.1373" S	79°	42'	25.5475" W
72	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	260.00	2.61	261.53	8,136.28	0	2411	0	2674	ADSS-400	-	5°	09'	16.1811" S	79°	42'	21.1401" W
73	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	116.00	1.17	117.17	8,253.85	0	2674	0	2791	ADSS-400	-	5°	09'	42.2471" S	79°	42'	13.0411" W
74	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	569.00	5.80	574.50	8,828.35	30	2791	30	505	ADSS-500	DIRECTO	5°	09'	44.7724" S	79°	42'	10.9311" W
75	S/C	EXISTENTE	DERECHA	158.00	1.60	159.90	8,988.25	0	605	0	761	ADSS-500	-	5°	09'	33.2157" S	79°	42'	00.0005" W
76	S/C	EXISTENTE	DERECHA	85.00	0.85	85.86	9,073.61	46	754	0	875	ADSS-500	-	5°	09'	55.5912" S	79°	41'	56.5900" W
77	S/C	PROYECTADA	DERECHA	314.00	3.17	317.17	9,390.78	0	840	0	1153	ADSS-500	-	5°	09'	56.3041" S	79°	41'	53.3087" W
78	S/C	EXISTENTE	DERECHA	76.00	0.74	76.74	9,414.51	46	1155	0	1263	ADSS-500	-	5°	10'	25.0854" S	79°	41'	51.6470" W
79	S/C	EXISTENTE	DERECHA	77.70	0.78	77.73	9,497.29	0	1223	0	1310	ADSS-500	-	5°	10'	27.7812" S	79°	41'	51.2800" W
80	S/C	EXISTENTE	DERECHA	437.00	4.46	441.46	9,933.75	0	1550	0	1872	ADSS-500	-	5°	10'	29.2926" S	79°	41'	45.5265" W
81	S/C	EXISTENTE	DERECHA	743.00	7.59	750.59	10,774.74	30	1872	30	321	ADSS-1200	DIRECTO	5°	10'	39.9427" S	79°	41'	30.1901" W
82	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	20.00	0.20	20.20	10,744.94	0	321	0	341	ADSS-1200	-	5°	10'	41.7275" S	79°	41'	26.4801" W
83	S/C	EXISTENTE	DERECHA	978.00	10.07	988.07	11,733.01	0	841	0	1829	ADSS-1200	-	5°	10'	42.2519" S	79°	41'	21.2570" W
84	S/C	EXISTENTE	DERECHA	555.00	5.66	560.66	12,293.67	50	1829	0	2440	ADSS-1200	-	5°	11'	10.3874" S	79°	41'	01.3991" W
85	S/C	EXISTENTE	DERECHA	485.00	4.95	489.95	12,783.62	0	2410	0	2990	ADSS-1200	-	5°	11'	25.4003" S	79°	41'	01.5825" W
86	S/C	EXISTENTE	DERECHA	544.00	5.55	549.55	13,333.17	30	2960	30	580	ADSS-500	DIRECTO	5°	11'	40.4940" S	79°	41'	06.5120" W
87	S/C	EXISTENTE	DERECHA	95.00	0.96	95.96	13,429.13	0	580	0	678	ADSS-500	-	5°	11'	37.1882" S	79°	41'	10.3850" W
88	S/C	EXISTENTE	DERECHA	146.00	1.47	147.47	13,576.60	44	678	0	867	ADSS-500	-	5°	12'	20.2850" S	79°	41'	05.5867" W
89	S/C	EXISTENTE	DERECHA	635.00	6.48	641.48	14,218.08	0	857	0	1508	ADSS-500	-	5°	12'	03.5053" S	79°	41'	01.5055" W
90	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	556.00	5.67	561.67	14,779.75	44	1508	0	2114	ADSS-500	-	5°	12'	20.3858" S	79°	40'	53.3425" W
91	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	28.00	0.28	28.23	14,808.01	0	2114	0	2142	ADSS-500	-	5°	12'	15.2248" S	79°	40'	47.2779" W
92	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	107.00	1.08	108.08	14,916.12	30	2172	30	138	ADSS-200	DIRECTO	5°	12'	36.0301" S	79°	40'	42.3965" W
93	S/C	PROYECTADA	IZQUIERDA	49.00	0.49	49.28	14,965.40	0	138	0	188	ADSS-200	-	5°	12'	36.2091" S	79°	40'	41.1126" W
94	S/C	PROYECTADA	IZQUIERDA	33.00	0.33	33.53	14,998.94	0	188	0	221	ADSS-200	-	5°	12'	39.5563" S	79°	40'	45.4420" W
95	S/C	PROYECTADA	IZQUIERDA	54.00	0.55	54.84	15,053.79	40	221	0	315	ADSS-200	-	5°	12'	40.1612" S	79°	40'	41.1381" W
96	S/C	PROYECTADA	DERECHA	49.53	0.50	50.23	15,104.03	0	316	0	366	ADSS-200	-	5°	12'	41.921" S	79°	40'	42.924" W
97	S/C	PROYECTADA	DERECHA	34.17	0.34	34.35	15,138.38	0	366	0	400	ADSS-200	-	5°	12'	41.591" S	79°	40'	41.713" W
98	S/C	PROYECTADA	IZQUIERDA	67.62	0.68	68.00	15,206.38	0	400	0	468	ADSS-200	-	5°	12'	42.642" S	79°	40'	40.827" W
99	S/C	PROYECTADA	IZQUIERDA	20.40	0.20	20.40	15,226.78	0	468	0	482	ADSS-200	-	5°	12'	41.233" S	79°	40'	42.153" W
100	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	36.57	0.37	37.51	15,264.17	0	483	0	520	ADSS-200	-	5°	12'	44.813" S	79°	40'	42.491" W
101	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	32.10	0.32	32.71	15,296.55	0	526	0	555	ADSS-200	-	5°	12'	45.601" S	79°	40'	42.885" W
102	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	37.06	0.37	37.41	15,333.98	40	578	0	670	ADSS-200	-	5°	12'	45.065" S	79°	40'	41.171" W
103	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	26.12	0.26	26.57	15,360.55	0	636	0	662	ADSS-200	-	5°	12'	46.031" S	79°	40'	43.81" W
104	S/C	PROYECTADA	DERECHA	33.35	0.34	33.59	15,395.94	0	662	0	700	ADSS-200	-	5°	12'	47.971" S	79°	40'	44.601" W
105	S/C	EXISTENTE	DERECHA	29.47	0.30	29.77	15,423.70	0	696	0	725	ADSS-200	-	5°	12'	46.805" S	79°	40'	45.226" W
106	S/C	EXISTENTE	DERECHA	28.75	0.29	29.68	15,452.31	0	726	0	751	ADSS-200	-	5°	12'	49.819" S	79°	40'	45.127" W
107	S/C	PROYECTADA	DERECHA	4.41	0.04	4.47	15,456.79	0	754	0	752	ADSS-200	-	5°	12'	50.727" S	79°	40'	46.06" W
0	S/C	PROYECTADA	IZQUIERDA		0.00	1.00	15,456.79	0	758	0	759	ADSS-200	-	5°	12'	51.105" S	79°	40'	44.905" W
108	S/C	PROYECTADA	DERECHA	22.10	0.22	22.34	15,479.13	0	759	0	781	ADSS-200	-	5°	12'	50.836" S	79°	40'	45.153" W
109	S/C	PROYECTADA	DERECHA	54.36	0.55	54.71	15,533.84	0	781	0	855	ADSS-200	-	5°	12'	51.055" S	79°	40'	47.842" W
110	S/C	PROYECTADA	DERECHA	31.08	0.32	31.40	15,565.24	40	856	0	907	ADSS-200	-	5°	12'	52.539" S	79°	40'	46.765" W
111	S/C	PROYECTADA	DERECHA	8.45	0.09	8.54	15,573.78	0	907	0	911	ADSS-200	-	5°	12'	51.515" S	79°	40'	47.01" W
112	S/C	PROYECTADA	IZQUIERDA	58.29	0.59	58.68	15,632.46	0	916	0	974	ADSS-200	-	5°	12'	53.630" S	79°	40'	46.754" W
113	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	29.18	0.29	29.74	15,661.94	0	974	0	1004	ADSS-200	-	5°	12'	51.415" S	79°	40'	47.007" W
114	S/C	EXISTENTE	IZQUIERDA	25.47	0.26	25.72	15,687.66	0	1004	0	1030	ADSS-200	-	5°	12'	53.201" S	79°	40'	47.183" W
0	N/A	NODO	N.A.	0.00	0.00	30.00	0	0	1030	0	1060	ADSS-200		5°	12'	53.12" S	79°	40'	46.44" W
						15,717.03		1118		100			6						

ITEM	UTM		ANGULO DEVIACION HORIZONTAL (°)	ANGULO DESVIACION VERTICAL (°)	ALTURA (MSNM)	USO ELECTRICO (AT/MT/BT/AP)	CABLES DE COMUNICACIÓN	CABLES ELECTRICOS	CABLES A INSTALAR	TOTAL DE CABLES	TIPO DE ESTRUCTURA	NIVEL DE TENSION	CRUCE DE LINEAS	ALTURA DE ESTRUCTURA (m)	RESISTENCIA DE ESTRUCTURA	POSTE SANGRIA O RETENIDA	MATERIAL DE ESTRUCTURA
	UTM X	UTM Y															
0	537529	9427555	0.00	0.00	N.A	N.A	0	0	0	0	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
1	537529	9427555	0.00	0.00	1153.14	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
2	537568	9427352	0.38	-0.37	[illegible]	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	NO PRESENTA	1	MADERA
3	537527	9427348	6.09	-1.58	1141.01	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	NO PRESENTA	0	MADERA
4	537566	9427346	2.22	-0.37	1142.21		0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	NO PRESENTA	0	MADERA
5	537712	9427352	8.92	0.71	1144.13	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	NO PRESENTA	0	MADERA
6	537755	9427348	0.37	5.25	1144.63	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	NO PRESENTA	1	MADERA
7	537817	9427343	0.69	0.37	1150.50	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
8	537866	9427338	31.58	-1.58	1150.84	MT	1	4	1	6	SIMPLE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	2	MADERA
9	537906	9427326	3.08	-31.78	1151.31	MT	1	4	1	6	SIMPLE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	2	MADERA
10	537940	9427312	12.14	-2.94	1151.84	MT	1	4	1	6	SIMPLE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	1	MADERA
11	538001	9427303	0.11	-10.87	1155.12	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	NO PRESENTA	0	MADERA
12	538024	9427297	5.67	-10.96	1160.06	MT	1	4	1	6	SIMPLE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	0	MADERA
13	538046	9427283	0.01	-7.25	1165.25	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	NO PRESENTA	0	MADERA
14	538074	9427266	13.17	-2.90	1169.4	MT	1	4	1	6	SIMPLE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	0	MADERA
15	538106	9427254	10.36	6.11	1171.22	MT	1	4	1	6	SIMPLE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	0	MADERA
16	538145	9427248	6.49	-0.21	[illegible]	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	300	0	CONCRETO
17	538180	9427247	7.47	2.11	1171.47	MT	1	4	1	6	BIPOSTE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	0	MADERA
18	538212	9427241	1.08	4.37	1171.14	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	200	0	CONCRETO
19	538246	9427236	2.46	0.54	1167.43	MT	1	4	1	6	SIMPLE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	0	MADERA
20	538290	9427231	0.57	4.63	1167.83	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	NO PRESENTA	0	MADERA
21	538332	9427227	1.30	8.02	1170.84	MT	1	4	1	6	SIMPLE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	1	MADERA
22	538362	9427221	1.16	-0.14	1173.60	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	200	0	CONCRETO
23	538393	9427219	11.78	-7.60	1180.96	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	200	0	CONCRETO
24	538415	9427214	14.70	-7.79	1181.96	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	200	0	CONCRETO
25	538448	9427236	0.66	-4.47	1183.46	MT	1	4	1	6	SIMPLE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	0	MADERA
26	538468	9427238	18.25	29.50	1190.25	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	200	0	CONCRETO
27	538487	9427234	26.01	-46.04	1178.72	MT	1	2	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	0	MADERA
28	538500	9427231	83.39	-6.48	1191.95	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	200	0	CONCRETO
29	538499	9427225	79.48	6.37	1192.63	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	9	NO PRESENTA	0	MADERA
30	538507	9427223	18.87	-1.28	1192.50	MT	0	4	1	5	SIMPLE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	1	MADERA
31	538561	9427225	14.62	0.15	1190.87	MT	0	4	1	5	SIMPLE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	0	MADERA
32	538626	9427213	47.00	0.98	1194.35	MT	0	4	1	5	SIMPLE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	1	MADERA
33	538644	9427223	6.68	0.53	1194.74	MT	0	4	1	5	SIMPLE	23KV	NO	12	NO PRESENTA	1	MADERA
34	538675	9427238	7.02	4.80	1195.39	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	300	0	CONCRETO
35	538688	9427249	51.35	-2.40	1195.63	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	300	1	CONCRETO
36	538700	9427305	74.56	-2.77	1195.25	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	200	0	CONCRETO
37	538700	9427314	36.00	-0.10	1195.61	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	200	0	CONCRETO
38	538700	9427348	0.90	0.07	1195.83	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	200	0	CONCRETO
39	538696	9427381	6.01	-1.09	[illegible]	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	200	0	CONCRETO
40	538706	9427435	30.88	-0.08	1200.33	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	9	200	0	CONCRETO
41	538727	9427461	9.62	0.42	1200.38	BT	1	2	1	4	SIMPLE	220V	NO	8	NO PRESENTA	0	MADERA
42	538741	9427481	43.11	-6.73	1200.2	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
43	538775	9427538	65.70	3.79	1201.0	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	NO PRESENTA	1	MADERA
44	538789	9427560	51.77	-4.16	[illegible]	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	NO PRESENTA	1	MADERA
45	538809	9427579	0.19	-0.94	1197.91	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	NO PRESENTA	0	MADERA
46	538833	9427591	58.31	1.89	1197.33	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	NO PRESENTA	1	MADERA
47	538845	9427680	1.38	3.11	1200.34	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	NO PRESENTA	2	MADERA
48	538870	9427838	26.22	37.65	1191.53	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	NO PRESENTA	1	MADERA
49	539006	9427960	[illegible]	-11.32	[illegible]	MT	0	1	1	2	SIMPLE	23KV	NO	12	300	2	MADERA
50	539115	9428021	4.15	-2.79	[illegible]	MT	0	[illegible]	1	2	BIPOSTE	23KV	NO	12	300	2	MADERA
51	539121	9428111	1.52	-4.06	[illegible]	MT	0	[illegible]	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	300	2	MADERA
52	539566	9428193	20.29	7.61	1462	MT	0	3	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	300	2	MADERA
53	539902	9428279	0.24	-8.23	1421	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	300	3	MADERA
54	540577	9428805	2.47	-21.02	1548	MT	0	1	1	2	SIMPLE	23KV	NO	12	300	2	MADERA
55	540969	9428884	2.35	-20.51	1593	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	200	0	MADERA
56	540707	9428513	1.34	-13.15	1627	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	200	1	MADERA
57	540820	9428598	0.27	-13.74	1651	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	200	0	MADERA
58	540947	9429094	8.69	-4.83	1693	MT	0	3	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	300	2	MADERA
59	541177	9429229	5.62	1.91	1778	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	300	2	MADERA
60	541302	9429186	1.02	10.07	1783	MT	0	3	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	200	0	MADERA
61	541396	9429560	0.70	11.60	1897	MT	0	3	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	300	4	MADERA
62	541756	9430034	1.90	8.61	1957	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	300	1	MADERA
63	[illegible]	9430022	3.40	21.56	1976	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	300	0	MADERA
64	541989	9430079	5.12	0.62	1962	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	300	0	MADERA
65	542109	9430414	103.43	18.06	1960	MT	0	3	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	200	2	MADERA
66	542280	9430174	0.14	13.74	1870	MT	0	3	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	300	0	MADERA
67	542451	9429815	0.75	17.50	1790	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	300	0	MADERA
68	542645	9429844	30.77	0.5	1754	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	300	1	MADERA
69	542821	9429686	5.69	11.58	1755	MT	0	3	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	200	0	MADERA
70	543012	9429582	0.17	13.74	1705	MT	0	4	1	5	SIMPLE	23KV	NO	12	200	1	MADERA
71	543165	9429500	0.04	10.83	1667	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	200	0	MADERA
72	543282	9429437	1.46	18.41	1641	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	200	2	MADERA
73	543501	9429312	0.41	14.11	1558	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	200	0	MADERA
74	543597	9429255	0.25	7.91	1524	MT	0	3	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	200	4	MADERA
75	544086	9428971	2.02	8.25	1441	MT	0	3	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	200	4	MADERA
76	544224	9428900	44.91	20.93	1421	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	200	3	MADERA
77	544216	9428870	1.89	17.90	1402	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	2	CONCRETO
78	544417	9428831	29.10	6.27	1305	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	200	[illegible]	MADERA
79	544391	9428532	2.00	11.57	1295	MT	0	4	1	5	SIMPLE	23KV	NO	12	200	0	MADERA
80	544445	9428279	5.77	13.74	1282	MT	0	3	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	200	4	MADERA
81	544775	9428150	10.36	9.94	1175	MT	0	1	1	2	SIMPLE	23KV	NO	12	200	2	MADERA
82	545115	9427402	2.30	15.50	1067	MT	0	1	1	2	TRIPOSTE	23KV	NO	12	200	1	MADERA
83	545122	9427465	2.06	-7.74	1038	MT	0	3	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	200	2	MADERA
84	545578	9426610	3.77	-6.59	1173	MT	0	1	1	2	SIMPLE	23KV	NO	12	200	2	MADERA
85	545870	9426139	46.55	8.30	1207	MT	0	1	1	2	SIMPLE	23KV	NO	12	200	2	MADERA
86	545748	9425675	0.37	2.70	1136	MT	0	3	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	300	0	MADERA
87	545606	9425351	50.83	8.94	1162	MT	0	1	1	2	SIMPLE	23KV	NO	12	300	2	MADERA
88	545961	9425074	0.22	8.43	1177	MT	0	3	1	4	SIMPLE	23KV	NO	12	300	0	MADERA
89	545745	9424556	0.00	6.97	1151	MT	0	4	1	5	BIPOSTE	23KV	NO	12	300	4	MADERA
90	546111	9424441	0.06	2.89	1075	MT	0	4	1	5	BIPOSTE	23KV	NO	12	300	0	MADERA
91	546414	9423931	0.02	4.31	1046	MT	0	4	1	5	BIPOSTE	23KV	NO	12	300	2	MADERA
92	546450	9423068	85.25	12.53	1043	MT	0	3	1	4	BIPOSTE	23KV	NO	12	300	2	MADERA
93	546369	9423902	53.82	27.71	1022	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
94	546372	9423660	52.30	1.72	996	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
95	546399	9423641	9.28	-6.30	995	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
96	546449	9423618	16.37	2.77	1001	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
97	546486	9423785	5.26	-0.05	999	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
98	546514	9423765	95.20	0.91	999	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
99	546469	9423715	18.60	0.20	998	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
100	546162	9423697	3.58	0.23	998	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	200	0	MADERA
101	546150	9423662	3.01	1.32	998	BT	0	2	1	3	BIPOSTE	220V	NO	8	200	0	MADERA
102	546141	9423631	15.74	0.33	998	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	200	0	MADERA
103	546421	9423600	61.88	0.21	996	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	200	1	MADERA
104	546495	9423580	61.61	2.58	994	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
105	546377	9423574	32.06	0.45	996	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	200	0	MADERA
106	546381	9423044	0.07	3.73	996	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	200	0	MADERA
107	546385	9423016	10.67	-24.15	991	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
[illegible]	546387	9423005	157.54	0.07	991	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
108	546380	9423014	67.60	14.77	991	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
109	546359	9428507	40.39	2.01	985	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
110	546330	9428461	18.05	4.83	988	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
111	546322	9428431	83.84	-47.06	981	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
112	546330	9433438	75.23	6.82	983	TELECOMUNIC.	0	0	1	1	SIMPLE	N.A	NO	12	300	0	CONCRETO
113	546320	9433312	15.00	5.23	976	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	8	300	0	MADERA
114	546310	9423518	0.00	0.00	973	BT	0	2	1	3	SIMPLE	220V	NO	9	200	0	CONCRETO
0	[illegible]	9423514.89	0.00	0.00	N.A	N.A	0	0	0	0	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

ITEM	ESTADO DE LA ESTRUCTURA	PROPIEDAD DE LA ESTRUCTURA	ELEMENTOS O EQUIPOS DE CABLES EN LA ESTRUCTURA	PARA APLOMAR	TIPO SUELO	ACCESO A ZONA	OBSERVACION	FERRETERIA BASICA			FERRETERIAS ESPECIALES			POSTES APOYO	ALTURA DEL CABLE (m)	CABLE MENSAJERO	RETENIDA NUEVA	TIPO DE VIA
								RETENCION	SUSPENSION	SOPORTE	AMORTIGUADOR	CORONA	ABRAZADERA					
0	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	[illegible]	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
2	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R2	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
3	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	0	S1	SS	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
4	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	0	S1	SS	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
5	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
6	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
7	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
8	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
9	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
10	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
11	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
12	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
13	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	0	S1	SS	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
14	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
15	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
16	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
17	BUENO	ENDESA	TRANSFORMADOR	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
18	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	0	S1	SS	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
19	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
20	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	0	S1	SS	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
21	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
22	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	0	S1	SS	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
23	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
24	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
25	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
26	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
27	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	VEREDA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	8	0	0	RURAL
28	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
29	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
30	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
31	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
32	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
33	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
34	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	VEREDA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
35	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	VEREDA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
36	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	VEREDA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
37	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	VEREDA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
38	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	VEREDA	S	-	0	S1	SS	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
39	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	VEREDA	S	-	0	S1	SS	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
40	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	VEREDA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
41	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	VECINAL
42	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	CAMBIO DE NIVEL	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	8	0	0	VECINAL
43	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	VECINAL
44	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	VECINAL
45	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	0	S1	SS	0	0	CB	NO	7	0	0	VECINAL
46	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	VECINAL
47	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R2	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	VECINAL
48	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	VECINAL
49	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R1-R4	0	SR	4	0	8-9"	NO	7	0	1	DEF.
50	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R2-R1	0	SR	0	0	7-8"	NO	7	0	1	DEF.
51	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R1-R5	0	SR	6	0	8-9"	NO	7	0	1	DEF.
52	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R1-R4	0	SR	4	0	8-9"	NO	7	0	2	DEF.
53	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R1-R6	0	SR	10	0	8-9"	NO	7	0	1	DEF.
54	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R1-R2	0	SR	0	0	8-9"	NO	7	0	1	DEF.
55	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	DEF.
56	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R1-R2	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	DEF.
57	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R1-R2	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	DEF.
58	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R2-R4	0	SR	4	0	8-9"	NO	7	0	0	DEF.
59	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R4-R1	0	SR	2	0	8-9"	NO	7	0	1	DEF.
60	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R2-R5	0	SR	8	0	8-9"	NO	7	0	1	DEF.
61	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R5-R1	0	SR	0	0	8-9"	NO	7	0	1	DEF.
62	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R1-R3	0	SR	4	0	8-9"	NO	7	0	0	DEF.
63	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R5-R1	0	SR	0	0	7-8"	NO	7	0	0	DEF.
64	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R1-R2	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	DEF.
65	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	COLOCAR COLLARIN	R2-R4	0	SR	4	0	8-9"	NO	7	0	1	DEF.
66	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R2-R2	0	SR	0	0	8-9"	NO	7.5	0	1	VECINAL
67	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R2-R2	0	SR	0	0	CB	NO	7.5	0	0	VECINAL
68	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R2-R4	0	SR	6	0	8-9"	NO	7	0	1	VECINAL
69	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R5-R5	0	SR	2	0	8-9"	NO	8	0	1	VECINAL
70	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R5-R2	0	SR	0	0	8-9"	NO	8	0	0	VECINAL
71	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R2-R2	0	SR	0	0	CB	NO	8	0	0	VECINAL
72	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R4-R5	0	SR	4	0	8-9"	NO	8.5	0	0	VECINAL
73	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R5-R2	0	SR	0	0	8-9"	NO	8.3	0	0	VECINAL
74	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R5-R5	0	SR	8	0	8-9"	NO	8.5	0	1	VECINAL
75	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R5-R2	0	SR	0	0	8-9"	NO	8.3	0	1	VECINAL
76	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R5-R1	0	SR	0	0	8-9"	NO	7	0	0	VECINAL
77	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	REEMPLAZAR ESTRUCTURA NUEVA	R1-R5	0	SR	4	0	8-9"	NO	7	0	1	VECINAL
78	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R5-R1	0	SR	0	0	8-9"	NO	8.5	0	1	VECINAL
79	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	0	S2	SS	0	0	8-9"	NO	7.3	0	0	VECINAL
80	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R1-R5	0	SR	6	0	8-9"	NO	7.7	0	1	VECINAL
81	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R5-R6	0	SR	10	0	8-9"	NO	8	0	2	VECINAL
82	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R1-R1	0	SR	0	0	7-8"	NO	7	0	1	VECINAL
83	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R5-R6	0	SR	10	0	8-9"	NO	8	0	1	VECINAL
84	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R5-R5	0	SR	8	0	8-9"	NO	8	0	2	VECINAL
85	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	COLOCAR COLLARIN	R5-R5	0	SR	8	0	8-9"	NO	8	0	2	VECINAL
86	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R5-R5	0	SR	6	0	8-9"	NO	8	0	3	VECINAL
87	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R5-R1	0	SR	0	0	8-9"	NO	8	0	1	VECINAL
88	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R1-R2	0	SR	0	0	CB	NO	8	0	0	VECINAL
89	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R2-R6	0	SR	8	0	8-9"	NO	8	0	1	VECINAL
90	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R6-R5	0	SR	6	0	8-9"	NO	8	0	3	VECINAL
91	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R5-R1	0	SR	0	0	8-9"	NO	8	0	1	VECINAL
92	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	ZONA MONTAÑOSA	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	8	0	0	VECINAL
93	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	6.5	0	1	VECINAL
94	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	8.3	0	0	VECINAL
95	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	8.7	0	0	VECINAL
96	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	8.3	0	0	VECINAL
97	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	8.3	0	0	VECINAL
98	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	EMPLEAR BRAZO	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	6.5	0	0	VECINAL
99	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	EMPLEAR BRAZO	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	VECINAL
100	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	6	0	0	VECINAL
101	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	6	0	0	RURAL
102	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	6	0	0	RURAL
103	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	6	0	0	RURAL
104	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	6.5	0	0	RURAL
105	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	6	0	0	RURAL
106	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	8	0	0	RURAL
107	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	0	0	0	0	SI	0	0	0	RURAL
0	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	0	0	SR	0	0	CB	NO	6.5	40	0	RURAL
108	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	8.3	0	0	RURAL
109	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	8.5	0	1	RURAL
110	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	8.3	0	0	RURAL
111	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	8.3	0	0	RURAL
112	BUENO	ESTADO	N.A.	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	8.3	0	0	RURAL
113	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1-R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
114	BUENO	ENDESA	CABLEADO ELECTRICO	NO	TIERRA	S	-	R1	0	SR	0	0	CB	NO	7	0	0	RURAL
0	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	[illegible]	N.A.	N.A.	N.A.	N.A. 122	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A. 40	N.A. 96	N.A.

4.1.3. Distribución de bobinas

Tenemos el diagrama de distribución de bobinas, donde en base a la distancia total de tramo, se secciona en subtramos que nos permite tener una idea de los diferentes Span a utilizar para optimizar recursos en cable de fibra óptica.

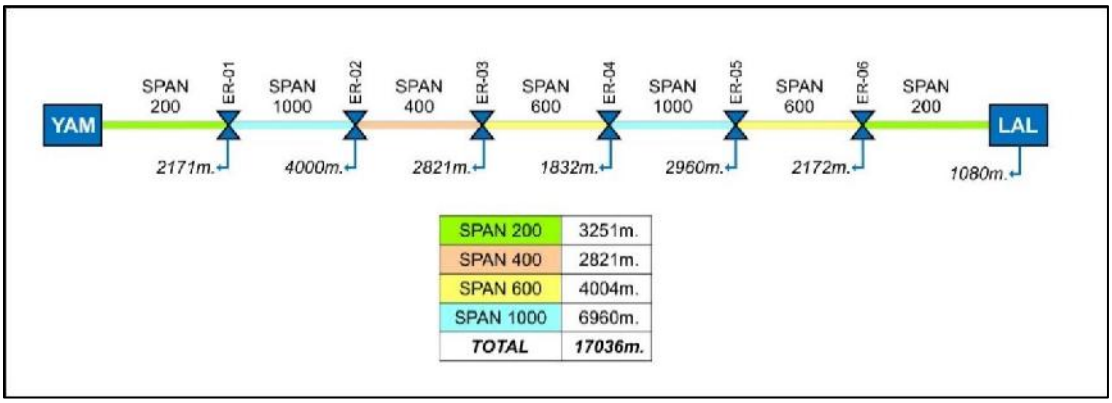

Figura 4.8. Diagrama de distribución de bobinas de fibra óptica.

Para el diseño tomamos como referencia el cable de fibra óptica monomodo de 48 hilos SM G.652D Loose Tube ADSS de doble chaqueta, fabricado por CORNING, el cual es recomendado por tener rendimiento óptimo en distintas condiciones climáticas, además de que se emplea en la región Norte para proyectos de Fitel.

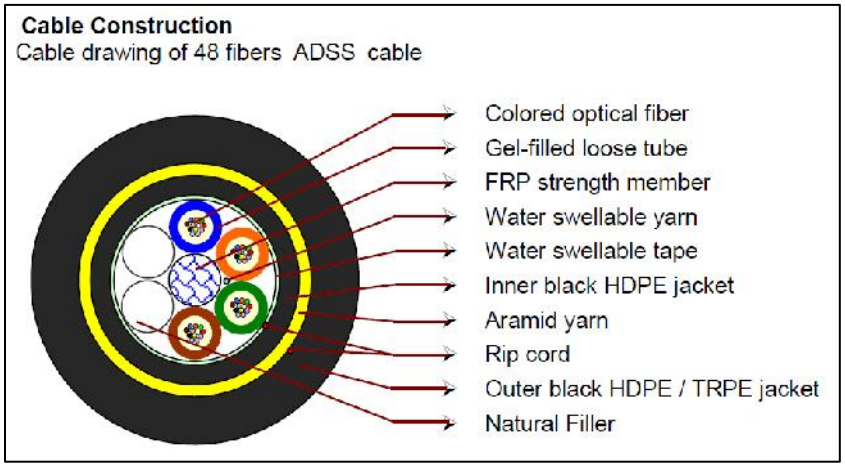

Figura 4.9. Fibra óptica Corning.

Parameters		Unit	Specifications
Attenuation	1310 nm	dB/km	≤ 0.35
	1550 nm		≤ 0.22
Point Discontinuities	1310 & 1550 nm	dB	≤ 0.1
Mode Field Diameter	1310 nm	μm	9.2 ± 0.4
Cable cutoff Wavelength (λ_{cc})		nm	≤ 1260
Dispersion	1285 ~ 1330 nm	ps/(nm.km)	≤ 3.5
	1550 nm		≤ 18
	Zero dispersion wavelength	nm	1300 ~ 1324
	Zero dispersion slope	ps/(nm^2.km)	≤ 0.092
PMD_Q(Link Design Value)	1550 nm	ps/km$^{1/2}$	≤ 0.1

Tabla 4.3. Parámetros de F.O. Corning – Fuente Corning.

No.	1	2	3	4	5	6
Color	Blue	Orange	Green	Brown	Grey	White
No.	7	8	9	10	11	12
Color	Red	Black	Yellow	Violet	Pink	Aqua

Tabla 4.4. Parámetros de F.O. Corning – Fuente Corning.

4.2. Análisis del presupuesto de pérdida óptica estimada de enlaces de la red de cables

El análisis del presupuesto de pérdida óptica es el cálculo y la verificación de las características operativas de un sistema de fibra óptica. Se utiliza para calcular la pérdida de una red de cables en proceso de instalación, determinar si la red de cables funcionará con determinados presupuestos de potencia óptica en sistemas de transmisión.

4.2.1. Atenuación del cable de fibra óptica

Se calcula la perdida de la F.O. considerando las especificaciones de acuerdo a las recomendaciones [ITU-T G.652.D (11/2016)] y/o fabricante del cable CORNIG.

Atenuación Total del cable de F.O. = L x Afo dB/km

L = Longitud del enlace óptico en Km.
Afo = Atenuación del cable de F.O.

Longitud del cable de F.O.	17.035 km	17.035 km
Tipo de F.O.	Monomodo	Monomodo
Longitud de Onda	1310 nm	1550 nm
Atenuación del cable F.O.	0.35 dB/km	0.22 dB/km
Atenuación Total del cable de F.O.	**5.962 dB**	**3.748 dB**

4.2.2. Pérdida de Inserción del conector

Los conectores ofrecen una mayor versatilidad pues pueden ser manipulados por cualquier persona y se utiliza para interconectar dos fibras o para conectar una fibra a un equipo, sin embargo, introducen una pérdida de la señal de aproximadamente (0.5 dB). Tomamos como referencia el conector SC-APC.

Se considera las especificaciones [ITU-T L.36 (01/2015)].

Pérdida Total de Inserción del Conector = NC x 0.5 dB

NC = Número de conectores del enlace óptico.

Perdida de Inserción del Conector	0.5 dB
Número de Conectores	4
Pérdida Total de Inserción del Conector	**2.0 dB**

4.2.3. Pérdida por empalmes

Teniendo en cuenta que la Fibra Óptica no viene en bobinas de 20 km, la instalación tendrá varios empalmes. Los empalmes suelen generar 0,1 dB de pérdida.

Para este caso, se tendrá en cuenta la recomendación de la [ITU-T L.12 (03/2008)].

Perdida por Empalmes =NE x 0.1 dB

NE = Número de empalmes del enlace óptico.

Perdida por Empalme	0.1 dB
Número de Empalmes	6
Pérdida Total por Empalmes	**0.6 dB**

4.2.4. Pérdida de Atenuación total del Enlace

Con el fin de garantizar que el enlace se encuentre en buenas condiciones de atenuación, se debe calcular la atenuación teórica del enlace de acuerdo con las recomendaciones [ITU-T G. 652 D (11/2016)] y/o fabricante del cable de fibra óptica, valor de Perdida por empalme [ITU-T L12 (03/2008)] y valor de atenuación de inserción de conectores [ITU-T L.36 (01/2015)].

El valor esperado de la atenuación teórica del enlace se calculará según la fórmula:

AT= L x Afo dB/km + NE x 0.1 dB + NC x 0.5 dB.

Longitud de honda	1310 nm	1550 nm
Atenuación Total del cable de F.O.	5.962 dB	3.748 dB
Pérdida Total de Inserción del Conector	2.0 dB	2.0 dB
Pérdida Total por Empalmes	0.6 dB	0.6 dB
Perdida de Atenuación Total del Enlace	**8.562 dB**	**6.348 dB**

4.2.5. Estimación del factor de seguridad

¿Qué ocurre si se corta la fibra y hay que volver a empalmarla? En una instalación adecuada, hay que hacer una estimación del número de reparaciones previstas en la vida de la fibra y es necesario tener este cálculo en cuenta para la estimación de la potencia. Estas reparaciones añadirán pérdida por empalmes, por lo que habrá que multiplicar el número de empalmes previstos por la pérdida que produce cada empalme (el mismo número usado antes).

Una última fuente de pérdida de potencia son las temperaturas extremas y otros factores imprevistos. Un exceso de calor o de frío puede crear una pérdida de potencia óptica que varía según la instalación.

Las empresas suelen tener que trabajar con fabricantes e instaladores para identificar la pérdida que pueden esperar según las condiciones ambientales y usar esas estadísticas para crear una estimación del "factor de seguridad". Para garantizar un funcionamiento sin fallos, se suele usar un valor entre 1,7 dB y 3 dB.

Perdida de Atenuación Total del Enlace	8.562 dB	6.348 dB
Perdida de Factor de Seguridad	3.0 dB	3.0 dB
Total de Pérdidas	**11.562 dB**	**9.348 dB**

En los anexos se deja una relación de equipos que pueden soportar unas pérdidas máximas disponibles sobre la ruta de hasta 22dB como máximo, los cuales pueden cubrir las necesidades de la red. [Datasheet_Cisco ONS 15454 OC-192STM-64].

Tras seguir los pasos, la cifra de la estimación de potencia disponible restante sigue siendo positiva, con eso se puede estar seguro de que la red de fibra ofrecerá el rendimiento necesario durante la vida de la instalación.

4.3. Planta Interna

En Planta Interna por lo general se dispone de un gabinete de piso donde se instala en la parte superior las bandejas de acopladores, en la parte media el equipo de conmutación óptico y normalmente en la parte inferior las bandejas de empalme.

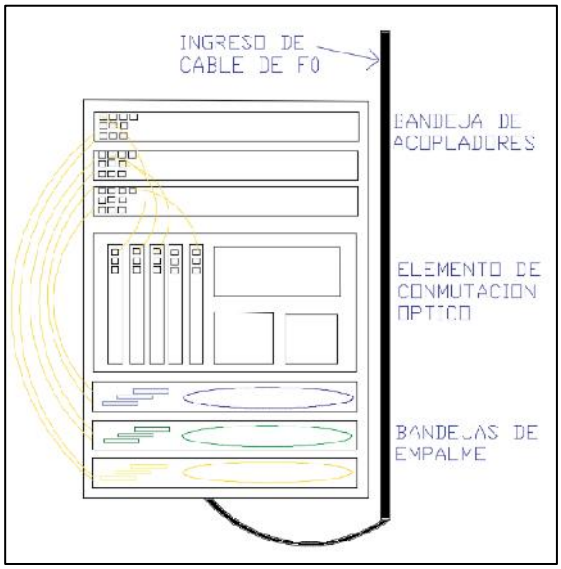

Figura 4.10. Gabinete.

En los nodos administrados por Fitel estos adicionan un Wall box de pared donde se colocan las bandejas de empalme.

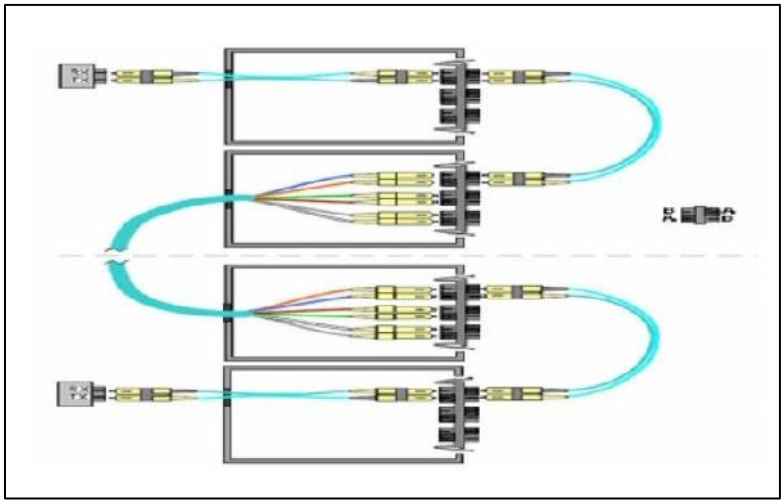

Figura 4.11. Configuración de bandeja de acopladores.

Como referencia utilizaremos el conmutador óptico en este caso el Cisco ONS 15454 M2 que cuenta con las tarjetas de interfaz ópticas correspondientes para las velocidades y atenuaciones especificadas.

Figura 4.12. Conmutador óptico Cisco ONS 15454 M2.

4.4. Análisis económico del proyecto

Se considerada una estimación de la inversión que será realizada inicialmente para la adquisición de materiales, equipos, trabajos en la planta externa que incluyen la construcción y tendido de la fibra óptica, etc.

FIBRA ÓPTICA			
RESUMEN DE CABLE ADSS	**TOTAL**	**PRECIO UND. ($)**	**PRECIO TOTAL ($)**
ADSS-200	3251	1.64	5331.64
ADSS-400	2821	1.84	5190.64
ADSS-600	4004	2.04	8168.16
ADSS-1000	6960	2.44	16982.40
TOTAL ($)			**35672.84**

Tabla 4.5. Presupuesto de Cable de Fibra óptica – Elaboración propia.

EQUIPAMIENTO			
RESUMEN DE FERRETERIA	**TOTAL**	**PRECIO UND. ($)**	**PRECIO TOTAL ($)**
R1-200=Retención de 100 para Span de 200	116	16.00	1856.00
R2-200=Retención de 200 para Span de 200	4	16.00	64.00
R1-400=Retención de 100 para Span de 400	4	16.20	64.80
R2-400=Retención de 200 para Span de 400	12	16.50	198.00
R3-400=Retención de 300 para Span de 400	6	16.90	101.40
R4-400=Retención de 400 para Span de 400	4	17.00	68.00
R1-600=Retención de 100 para Span de 600	8	18.00	144.00
R2-600=Retención de 200 para Span de 600	4	18.20	72.80
R5-600=Retención de 600 para Span de 600	12	19.00	228.00
R1-1000=Retención de 100 para Span de 1000	8	18.00	144.00
R2-1000=Retención de 200 para Span de 1000	8	19.00	152.00
R4-1000=Retención de 400 para Span de 1000	6	19.95	119.70
R5-1000=Retención de 600 para Span de 1000	8	20.50	164.00
R6-1000=Retención de 1000 para Span de 1000	6	20.80	124.80
S1-200=Suspensión de 100 para Span de 200	9	12.00	108.00
S2-200=Suspensión de 200 para Span de 200	1	13.00	13.00
SOPORTE	**TOTAL**	**PRECIO UND. ($)**	**PRECIO TOTAL ($)**
Brazo de extensión de 0.60mts	2	9.09	18.18
Cinta Band it (ML)	150	1.21	181.82
Hebilla (unidad)	150	36.36	5454.55
Abrazadera A1 (SS) 8-9"	1	9.50	9.50
Abrazadera A2 (SR) 7-8"	3	10.00	30.00
Abrazadera A2 (SR) 8-9"	32	11.00	352.00
Trompoplatina	170	4.50	765.00
Tuerca ojo To	28	3.20	89.60
Etiquetas	138	1.00	138.00
Caja de Empalme Recto	6	74.00	444.00
Postes Nuevos	19	312.50	5937.50
Gabinete de Pared 15 ru	1	185.00	185.00
AMORTIGUADORES	**TOTAL**	**PRECIO UND. ($)**	**PRECIO TOTAL ($)**
Amortiguador Span 400	14	3.00	42.00
Amortiguador Span 600	36	3.00	108.00
Amortiguador Span 1000	66	3.00	198.00
ANCLAS-RETENIDAS	**TOTAL**	**PRECIO UND. ($)**	**PRECIO TOTAL ($)**
Ancla/Retenida normal proyectada	36	22.03	793.09
Mensajero (ML)	26	1.20	31.20
Crucetas	26	28.00	728.00
TOTAL ($)			**19127.94**

Tabla 4.6. Presupuesto de Materiales de Fibra óptica – Elaboración propia.

INTERCONEXIÓN			
CONCEPTO	**TOTAL**	**PRECIO UND. ($)**	**PRECIO TOTAL ($)**
Instalación aérea en red vial o red eléctrica de cable dieléctrico ADSS de 48 fibras ADSS-200	3251	1.12	3625.36
Instalación aérea en red vial o red eléctrica de cable dieléctrico ADSS de 48 fibras ADSS-400	2821	1.17	3299.72
Instalación aérea en red vial o red eléctrica de cable dieléctrico ADSS de 48 fibras ADSS-600	4004	1.20	4804.80
Instalación aérea en red vial o red eléctrica de cable dieléctrico ADSS de 48 fibras ADSS-1000	6960	1.47	10208.00
Empalme/Fusión punto a punto de arco eléctrico con empalmadora x 48 empalmes (Caja de Empalme)	6	303.03	1818.18
Empalme/Fusión punto a punto de arco eléctrico con empalmadora x 48 empalmes (ODF)	2	515.15	1030.30
Instalación de retenida normal de poste de concreto de hasta 12 mts.	36	109.09	3927.27
Elaboración y sujeción de reserva tipo cruceta	26	20.30	527.88
Instalación de poste reforzado de 12 mts. En cualquier tipo de terreno	19	148.48	2821.21
TOTAL			**32062.72**

Tabla 4.7. Presupuesto de Mano de obra Interconexión – Elaboración propia.

En resumen, la inversión en la construcción de la red total para que esté lista para su funcionamiento.

CONCEPTO	COSTO UND. ($)	COSTO TOTAL (S/)
DISEÑO DE RED, INTERCONEXIÓN		**122842.98**
Diseño de Ingeniería	5162.42	17036.00
Interconexión	32062.72	105806.98
SISTEMA DE TRANSMICIÓN ÓPTICA		**180842.56**
Cable de Fibra óptica	35672.84	117720.37
Equipamiento (Planilla de Diseño)	19127.94	63122.19
OFICINA TÉCNICA		**16500.00**
Adquisición para Nodo Óptico	Donación	0.00
Adecuación de Nodo para instalación	5000.00	16500.00
TOTAL (S/)		**320185.54**

Tabla 4.8. Gastos de elaboración total – Elaboración propia.

5. Conclusiones y Recomendaciones

"El éxito de las ideas es el resultado de un lento crecimiento. Las ideas no llegan a la perfección de un día para el otro, no importa cuánto estudio se ponga en ellas".

Alexander Graham Bell

5.1. Conclusiones

- Se diseñó una red de transporte de fibra óptica que interconectará el distrito de Lalaquiz – Piura a la red de Banda Ancha, teniendo como resultado la mejora de la calidad y cobertura de telecomunicaciones en el distrito, el cual garantizaría un ancho de banda adecuado a las necesidades de la población beneficiada.
- El diseño de la red de transporte de fibra óptica en el Distrito de Lalaquiz es factible ya que el distrito cuenta con la red eléctrica e infraestructura adecuada, lo que permitiría un coste del proyecto menor al no tener que realizar una proyección de una red vial nueva en el distrito.
- El diseño de la red de transporte de fibra óptica involucra la optimización de muchos factores, incluyendo la atenuación del enlace, los tipos de cables, tipos de fibras, equipos disponibles, conectores ópticos, empalmes, entre otros, esto puede simplificarse cuando se siguen las instrucciones del fabricante, además de que se cuenta con la información, conocimientos y tecnología disponible que hacen factible realizar este trabajo.
- La red de fibra ofrecerá el rendimiento necesario durante la vida de la instalación, eso se puede estar seguro ya que la cifra de la estimación de potencia disponible restante sigue siendo positiva.
- La Fibra óptica es excelente como medio de transporte de información, mucho más con los nuevos desarrollos científicos en el campo de la óptica, los cuales brindan un altísimo factor de escalabilidad a futuro. Pol tal motivo se presenta como una alternativa muy rentable que brinda servicios de telecomunicaciones a muchos usuarios mediante una sola infraestructura, además de poder admitir de manera cómoda el crecimiento de estos usuarios de cara al futuro, sin tener que realizar nuevas inversiones de capital.

- La instalación de una red de Banda Ancha mediante Fibra Óptica en el distrito de Lalaquiz, fomentará una mejoría social ya que permitirá el acceso a la información en múltiples campos, como lo son salud, educación, seguridad, comercio, etc. ya que esta red permitirá realizar navegación en internet alta velocidad, utilizándolo en teleconferencias, telemedicina, clases virtuales, streaming, etc. en dicho distrito.

5.2. Recomendaciones

- Para una segunda etapa se pueden instalar enlaces microondas como complemento a las redes de transporte de fibra óptica planteada. Con el objetivo de poder brindar servicios de telecomunicaciones a las localidades alejadas de los centros poblados del Distrito de Lalaquiz.
- Se recomienda que reste proyecto trabaje con una o más empresas de servicio (operadoras) para que sea más factible el regreso de inversión y encuentre competencia entre los diferentes operadores para que la población sea la más beneficiada por poder acceder a costos más bajos.
- Es preferible ponerse en contacto con los proveedores directamente de equipos y/o materiales respecto a costos, ya que los precios presentados son referentes a los precios que tiene una empresa operadora y estos pueden variar según de la cantidad de requerida y la negociación que se tiene con la empresa proveedora.

Índice de Figuras

Figura 1.1. Distrito de Lalaquiz 3
Figura 2.1. Distrito de Lalaquiz. 14
Figura 2.2. Centros Poblados, Distrito de Lalaquiz. 15
Figura 3.1. Comparación de dimensiones entre fibras multimodo de 50 y 62.5µm. 24
Figura 3.2. Dimensiones de la fibra monomodo de 9µm. 24
Figura 3.3. Espectro de emisión de los LEDs e ILDs. 26
Figura 3.4. Concepto de FWHM. 27
Figura 3.5. Cono de Aceptación. 28
Figura 3.6. Icono de alerta de fuente LÁSER. 31
Figura 3.7. Espectro visible. 31
Figura 3.8. LÁSER VCSEL. 32
Figura 3.9. Multiplexación en largo de onda/colores. 34
Figura 3.10. Principales componentes del conector óptico. 34
Figura 3.11. Perdida de inserción. 36
Figura 3.12. Reflectancia. 37
Figura 3.13. Pulimento FLAT. 39
Figura 3.14. Pulimento PC. 39
Figura 3.15. Pulimento SPC. 40
Figura 3.16. Pulimento UPC. 40
Figura 3.17. Pulimento APC. 41
Figura 3.18. Conector Monomodo ST-PC. 43
Figura 3.19. Conector Monomodo FC-APC. 44

Figura 3.20. Conector Monomodo E2000-APC. 45
Figura 3.21. Conector Monomodo ESCON. 45
Figura 3.22. Conector Monomodo SC-PC. 46
Figura 3.23. Conector Monomodo SC-APC. 47
Figura 3.24. Conector Monomodo LC/LC–PC. 48
Figura 3.25. Conector Monomodo MTRJ. 48
Figura 3.26. Conector Monomodo FC-PC. 49
Figura 3.27. Conector Multimodo MTP/MPO. 49
Figura 3.28. Conectores ópticos tipo SFF. 50
Figura 3.29. Adaptador Óptico ST/ST – PC. 52
Figura 3.30. Adaptador Óptico SC/SC – PC. 53
Figura 3.31. Adaptador Óptico FC/FC – PC. 53
Figura 3.32. Adaptador Óptico MTP/MPO. 54
Figura 3.33. Caja de Empalme Corning. 58
Figura 3.34. Cable dispuesto en forma de 8. 61
Figura 3.35. Caja de empalmes Furukawa. 64
Figura 3.36. Conexión punto-a-punto HUB y BUS. 68
Figura 3.37. Conexión punto-a-punto Estrella y Anillo. 68
Figura 3.38. Fibra óptica ADSS. 69
Figura 3.39. Flecha máxima. 70
Figura 3.40. Detalle de un Herraje de Retención. 71
Figura 3.41. Detalle de un Herraje de Suspensión. 72
Figura 3.42. Detalle de instalación de una suspensión. 73
Figura 3.43. Nomenclatura de un Herraje. 73
Figura 3.44. Nomenclatura de un Herraje. 73
Figura 4.1. Infraestructura eléctrica. 75
Figura 4.2. Kmz Ubicación de Nodos y ruta de F.O. 76
Figura 4.3. Representación gráfica de la Red. 77
Figura 4.4. DMS fibra óptica. 78
Figura 4.5. Kmz Yamango – Lalaquiz, parte 1. 79
Figura 4.6. Kmz Yamango – Lalaquiz, parte 2. 80
Figura 4.7. Kmz Yamango – Lalaquiz, parte 3. 80
Figura 4.8. Diagrama de distribución de bobinas de fibra óptica. 84

Figura 4.9. Fibra óptica Corning. 84
Figura 4.10. Gabinete. 89
Figura 4.11. Configuración de bandeja de acopladores. 89
Figura 4.12. Conmutador óptico Cisco ONS 15454 M2. 90

Índice de Tablas

Tabla 2.1. Población Departamento de Piura. 13
Tabla 2.2. Población por Centros Poblados. 16
Tabla 2.3. Cantidad de Habitantes según grupos de edad. 17
Tabla 2.4. Tasa de Analfabetismo según grupos de edad. 18
Tabla 2.5. Población en edad de trabajar. 18
Tabla 2.6. Centros Educativos. 19
Tabla 2.7. Centros Poblados, Distrito de Lalaquiz. 20
Tabla 2.8. Establecimientos de Salud. 20
Tabla 2.9. Habitantes, Distrito de Lalaquiz. 20
Tabla 3.1. Dimensiones de una fibra multimodo. 23
Tabla 3.2. Dimensiones de una fibra monomodo. 24
Tabla 3.3. Ventanas de transmisión. 25
Tabla 3.4. Largos de onda de las fuentes ópticas. 26
Tabla 3.5. Potencia de las fuentes ópticas. 27
Tabla 3.6. Ejemplo de aplicaciones en fibras ópticas. 28
Tabla 3.7. Atenuación típica dB/km. 28
Tabla 3.8. Construcción y Protección de cables y otros elementos de Pext. 37
Tabla 3.9. Características de los sistemas ópticos. 38
Tabla 3.10. Clasificación de conectorización Óptica. 51
Tabla 3.11. Perdida de inserción y de retorno de los principales conectores y pulimentos. 51

Tabla 3.12. Vano máximo según Span. 69
Tabla 3.13. Flecha máxima según vano. 70
Tabla 3.14. Herraje de Retención según vano. 71
Tabla 3.15. Herraje de Retención según Span. 71
Tabla 3.16. Herraje de Retención según vano. 72
Tabla 3.17. Angulo máximo de una suspensión según Span. 72
Tabla 3.18. Herraje de Suspensión según Span. 72
Tabla 4.1. Ubicación de Nodos. 75
Tabla 4.2. DMS de F.O. con respecto al último cable eléctrico. 78
Tabla 4.3. Parámetros de F.O. Corning. 85
Tabla 4.4. Parámetros de F.O. Corning. 85
Tabla 4.5. Presupuesto de Cable de Fibra óptica. 90
Tabla 4.6. Presupuesto de Materiales de Fibra óptica. 91
Tabla 4.7. Presupuesto de Mano de obra Interconexión. 92
Tabla 4.8. Gastos de elaboración total. 92

Bibliografía

[1] Distrito de Lalaquiz, (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 20 de noviembre de 2018 de https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Lalaquiz.

[2] Municipalidad Distrital de Lalaquiz, (s.f.). En Portal del Estado Peruano. Recuperado el 20 de noviembre de 2018 de www.munilalaquiz.gob.pe.

[3] INEI Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). Censos nacionales 2017 XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

[4] Gobierno del Perú (2012). Plan nacional para el desarrollo de la banda ancha en el Perú, Informe de Comisión 1, 1–241.

[5] Furukawa Industrial S.A. (2009). Fibras Ópticas y sus Aplicaciones.

[6] UIT-T (2009). Serie G: Sistemas y Medios de Transmisión, Sistemas y Redes Digitales _ Aplicaciones multicanal de multiplexación por división en longitud de onda densa con interfaces ópticas monocanal - G.698.1.

[7] UIT-T (2008). Series L: Construction, Installation and Protection of cables and other elements of outside plant _ Optical fibre splices – L.12.

[8] UIT-T (2015). Series L: Construction, Installation and Protection of Cables and other elements of outside plant _ Single-mode fibre optic connectors – L.36.

Glosario

FWHM: Anchura a Media Altura. Es la anchura a media altura que presenta un determinado pico de emisión.

FDM: Multiplexación por división de frecuencia. Técnica mediante la cual el ancho de banda total disponible en un medio de comunicación se divide en una serie de sub-bandas de frecuencia que no se superponen, cada una de las cuales se utiliza para transportar una señal separada.

TDM: Multiplexación por división en el tiempo. Técnica que permite la transmisión de señales digitales y cuya idea consiste en ocupar un canal de trasmisión a partir de distintas fuentes, así se logra un mejor aprovechamiento del medio de trasmisión.

WDM: Multiplexación por división de longitud de onda. Técnica que consiste en acomodar múltiples señales de luz en un solo cable, utilizando diferentes frecuencias.

VANO: Distancia lineal entre postes.

SPAM: Tipo de cable que puede soportar entre postes.

ADSS: Cable Auto Soportado Completamente Dieléctrico. Tipo de cable autoportante totalmente dieléctrico que puede soportar entre postes.

Anexos

Anexo 1 Código Nacional de Electricidad, (Suministro 2011). Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

Anexo 2 Serie G: Sistemas y Medios de Transmisión, Sistemas y Redes Digitales - G.698.1. (2009). Fuente UIT-T.

Anexo 3 Series L: Construction, Installation and Protection of cables and other elements of outside plant – L.12. (2008). Fuente UIT-T.

Anexo 4 Series L: Construction, Installation and Protection of Cables and other elements of outside plant– L.36. (2015). Fuente UIT-T.

Anexo 5 Conjunto de Empalme Óptico Aéreo/Subterráneo FK-CEO-4M, (2016). Fuente: Furukawa Industrial S.A.

Anexo 6 Especificación CEFO G2, (s.f). Fuente: 2015 Corning Korea Optical Communications Co., Ltd.

Anexo 7 Cisco ONS 15454 M2 Multiservice Transport Platform, (2012). Fuente: Cisco Systems Inc.

Anexo 8 Cisco ONS 15454 OC-192/STM-64 XFP-Based Optics Card, (2012). Fuente Cysco Systems Inc.

Anexo 9 Technical Datasheet for Loose Tube optical fiber cable, (2015). Corning Korea Optical Communications Co., Ltd.

Anexo 10 Hoja Técnica: MLWB15U19 Gabinete de pared Wallbox de 15 Ru (s.f). Microlink.

Anexo 11 Hoja Técnica: LCALCS2C-10 Patchcord Duplex Lc/Apc - Lc/Apc 10 metros (s.f). Microlink.

Anexo 12 Hoja Técnica: MLODF48LCASMFA odf de 48 puertos Lc/Apc Fusion 1ru (s.f). Microlink.