

NOMBRE DEL TRABAJO

JOSE MUJICA ALCALA_09 05 24.pdf

AUTOR

Jose Mujica

RECUENTO DE PALABRAS

11776 Words

RECUENTO DE CARACTERES

59123 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

72 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.8MB

FECHA DE ENTREGA

May 10, 2024 3:59 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 10, 2024 4:00 PM GMT-5**● 18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS

(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS () 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (X)

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: Mujica Alcalá José Luis
D.N.I.: 71267766
Otro Documento:
Nacionalidad: Peruano
Teléfono: 927657730
e-mail: mujicajl16@gmail.com

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad: Ingeniería y Gestión
Programa Académico: Trabajo de suficiencia profesional
Título Profesional otorgado: Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Postgrado

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

Datos de trabajo de investigación

Título: Diseño e implementación de un enlace de internet dedicado a través de un tendido de fibra óptica, para la empresa FUCSA, en el distrito de Chilca, provincia de Cañete
Fecha de Sustentación: 20 Diciembre de 2020
Calificación: Aprobado por unanimidad
Año de Publicación: 2024



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	()
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	()
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	()

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

Motivos de la elección del acceso restringido:

Mojica Alcala Jose Luis

APELLIDOS Y NOMBRES

71267766

DNI



Firma y huella:



Lima, 16 de Agosto del 20 24

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE DE INTERNET
DEDICADO A TRAVÉS DE UN TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA, PARA LA
EMPRESA FUCSA, EN EL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE
CAÑETE”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

MUJICA ALCALA, JOSE LUIS
ORCID: 0009-0006-7500-6804

ASESOR

CLEMENTE ARENAS, MARK DONNY
ORCID: 0000-0002-2806-1513

Villa El Salvador
2020



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

Siendo las 10:15 horas del día domingo 20 de diciembre de 2020, y debido a la emergencia sanitaria y aislamiento social por el COVID-19, se reunieron vía google meet (<https://meet.google.com/jbd-ufkn-zqj>), los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente : DR. RUBIÑOS JIMENEZ, Santiago Linder CIP N° 112655
Secretario : MG. ORTEGA GALICIO, Orlando Adrian CIP N° 79878
Vocal : DR. PALOMARES ORIHUELA, Ricardo John CIP N° 105002

Designados con RESOLUCIÓN DE FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN N° 499-2020-UNTELS-CO-V.ACAD-FIG, de fecha 10 de Diciembre 2020.

Se da inició al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional. (Resolución de Comisión Organizadora N° 119-2020-UNTELS de fecha 22 de julio de 2020, en la cual se APRUEBA el "Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del IV Programa de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur", así como la Resolución Presidencial N°293-2020-unfels de fecha 14 de diciembre de 2020, que APRUEBA modificar el Artículo Segundo de la Resolución de Comisión Organizadora N° 119-2020-UNTELS, de fecha 22 de julio de 2020, que designa a la "Comisión del IV Programa de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur"); siendo que el Art. 4° del precitado Reglamento establece que: "La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar un mínimo de seis (06) meses de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019- SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...", en el cual;

El Bachiller: **MUJICA ALCALA, JOSE LUIS**

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE DE INTERNET DEDICADO A TRAVÉS DE UN TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA, PARA LA EMPRESA FUCSA, EN EL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE CAÑETE"

Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición **Aprobado por Unanimidad**, Equivalencia Bueno de acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS, vigente.

Siendo las 11:00 horas del día domingo 20 de diciembre de 2020, se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente acta los miembros del Jurado.


Dr. Santiago Linder Rubiños Jimenez
CIP N° 112655
Presidente


Mg. Orlando Adrian Ortega Galicio
CIP N° 79878
SECRETARIO


Dr. Ricardo John Palomares Orihuela
CIP N° 105002
VOCAL


Bachiller: Jose Luis Mujica Alcala
PARTICIPANTE

Nota: Art. 14°.- La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público y conservando las medidas de distanciamiento social y de emergencia sanitaria. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del Presidente del Jurado, asumirá la presidencia el docente de mayor categoría y antigüedad. En caso de ausencia de dos o más miembros del Jurado, la sustentación será reprogramada durante los cinco (05) días siguientes.

DEDICATORIA

A mis padres por sus enseñanzas y apoyo incondicional, quienes son los pilares del esfuerzo que me ha permitido lograr este objetivo.

AGRADECIMIENTO

A cada una de las personas que supieron extender su mano y darme aliento desde el inicio de este largo camino.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS	12
a) General	12
b) Específicos	12
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	13
1.1 Bases Teóricas	13
1.1.1 Fibra óptica	13
1.1.1.1 Fibra monomodo	14
1.1.1.2 Fibra multimodo	14
1.1.2 Fibra Óptica ADSS	14
1.1.3 Planta externa	15
1.1.4 Instalación aérea	15
1.1.5 Ferretería	16
- Herraje de Tensión	16
- Herraje de Suspensión	16
- Cruceta	17
1.1.6 Instalación subterránea	18
1.1.7 Cajas de empalme	18
1.1.8 Conectores	19
1.1.9 Pérdida o atenuación	20
1.1.10 Ventanas de operación	20
	iv

1.1.11 Reflectómetro Óptico en el Dominio del tiempo - OTDR	21
1.1.12 Estándar ANSI/TIA/EIA-758	22
1.2 Definición de términos básicos	23
1.2.1 Empalme o fusión	23
1.2.2 Vano	23
1.2.3 Flecha	23
1.2.4 OTDR	24
1.2.5 Internet dedicado	24
1.2.6 Nodo	24
1.2.7 Media converter	24
1.2.8 Roseta óptica	24
1.2.9 Patch cord de fibra óptica	24
1.2.10 EIA (Electronic Industries Alliance)	25
1.2.11 TIA (Telecommunications Industry Association)	25
1.2.12 ITU o UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)	25
1.2.13 ANSI (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares)	25
1.2.14 ANSI/EIA/TIA-455	25
1.2.15 ITU-T G. 652	25
1.2.16 EIA/TIA-526-7	25
1.3 Estado del arte	26
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL	28
2.1 Delimitación temporal	28
2.2 Delimitación espacial	28
2.3 Determinación y análisis del problema	29
2.3.1 Problema general	29
2.3.2 Problemas específicos.	29
2.4 Modelo de solución propuesto	30
2.4.1 Diseño e Implementación de la solución propuesta	31

2.4.1.1	Diseño de la solución propuesta	31
2.4.1.1.1	Visita de Inspección técnica	31
2.4.1.1.2	Elaboración de informe técnico	35
	- Informe fotográfico	35
	- Planos de tendido	40
2.4.1.2	Implementación de la solución propuesta	42
2.4.1.2.1	Instalación de postería	42
2.4.1.2.2	Construcción de canalizado	45
2.4.1.2.3	Despliegue de Fibra Óptica	49
	- Consideraciones previas al tendido	49
	- Creación de Caja de empalme	49
	- Tendido de fibra Óptica	50
2.4.1.3	Cálculo de atenuación total del enlace	55
2.4.1.4	Validación de la solución propuesta	57
2.4.1.5	Valorización del diseño propuesto	60
2.5	Resultados	62
	CONCLUSIONES	63
	RECOMENDACIONES	64
	BIBLIOGRAFÍA	65
	ANEXOS	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Refracción y reflexión de la luz en el núcleo de una Fibra Óptica	13
Figura 2. Estructura interna de un Cable de Fibra Óptica ADSS	15
Figura 3. Fotografía de herraje de tensión	16
Figura 4. Herraje de suspensión tipo “D” (clevis).	17
Figura 5. Cruceta y reserva en Poste Optical Networks	17
Figura 6. Caja de empalme tipo Mondragón de 64H	19
Figura 7. Conectores ópticos FC, LC y SC	19
Figura 8. Curva de atenuación y ventanas de operación de las F.O.	21
Figura 9. Prueba óptica con OTDR	22
Figura 10. Ubicación geográfica del distrito de Chilca	28
Figura 11. Flujograma del proyecto	30
Figura 12. Plano catastral brindado por la operadora de internet Optical Networks	32
Figura 13. Fotografía diseñador de planta externa tomada en el lugar de trabajo	33
Figura 14. Reserva de fibra óptica en poste de operador de internet	34
Figura 15. Redes de alta y media tensión en la Av. Santo Domingo de los Olleros	35
Figura 16. Reserva existente en poste y primer tramo de canalización proyectada	36
Figura 17. Poste proyectado 08 y segundo tramo de canalización proyectada	37
Figura 18. Poste proyectado 11 y tercer tramo de canalización proyectada	38
Figura 19. Poste proyectado 15 y acceso aéreo proyectado al interior de predio	39
Figura 20. Plano de primer tramo de tendido de fibra óptica	40
Figura 21. Plano de Segundo tramo de tendido de fibra óptica	41
Figura 22. Poste Nro. 08 y 11 Instalado	44

Figura 23. Plano de primer tramo de canalización	47
Figura 24. Reposición de canalizado en PCA y llegada de tubería a poste instalado	48
Figura 25. Instalación de Mufa Mondragón y fusiones en la fibra óptica	50
Figura 26. Acondicionamiento de mufa en poste e instalación de cableado de fibra óptica	51
Figura 27. Despliegue del cableado de fibra óptica en postes instalados	52
Figura 28. Recorrido interno del cableado de fibra óptica	53
Figura 29. Llegada de cableado de F.O. hacia cuarto de comunicaciones	53
Figura 30. Roseta óptica y media converter instalados	54
Figura 31. Curva OTDR y detalles de la medición - 1310nm	58
Figura 32. Curva OTDR y detalles de la medición - 1550nm	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Consideración de ancho y profundidad para canalizados	46
Tabla 2. Presupuesto de materiales proyectado para la implementación	60
Tabla 3. Presupuesto de actividades proyectado para la implementación	61

RESUMEN

Este trabajo de suficiencia profesional, describe el desarrollo del diseño e implementación de un tendido de fibra óptica para proporcionar un servicio de internet dedicado a la empresa Fundación Chilca S.A., mediante la infraestructura de red del operador de internet Optical Networks, compañía que viene realizando una gran expansión de su red a nivel de Lima y provincias.

La empresa Fundación Chilca S.A. se encuentra en la zona este del distrito de Chilca, área considerada como zonificación de industria pesada. Dicha zonificación carece de presencia e infraestructura de operadores de internet. Esto motiva a que las empresas ubicadas en el lugar se vean obligadas a contratar servicios de red mediante enlaces inalámbricos que resultan menos convenientes a comparación de un enlace por fibra óptica. Esto debido a muchos factores que desfavorecen el enlace como condiciones climáticas, distancia del enlace y obstáculos en línea de vista. En consecuencia, se optó por un enlace de fibra óptica, dado que en la actualidad, la empresa cliente requiere de una red de comunicaciones estable, y que permita altas capacidades de transmisión.

Por tal motivo, es que se propone el diseño de un tendido de fibra óptica con el fin de cumplir todas las expectativas esperadas. Este diseño de planta externa se realizó teniendo en cuenta las consideraciones de normas brindadas por la empresa operadora de internet y las normativas de distribución eléctrica de Luz del Sur. Tomando en consideración dichas normas, se realizó como proceso inicial el levantamiento de información topográfico en la zona, y por consiguiente hacer posible, un análisis, proyección e implementación de la infraestructura externa necesaria.

Como resultado de la implementación se obtuvo una mejoría en la capacidad de transmisión de datos en la empresa Fundación Chilca S.A. Estos fueron validados con mediciones reflectométricas según los lineamientos y estándares definidos por el operador Optical Networks.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los servicios de internet dirigido a empresas requieren de un rendimiento superior que garantice una mejor estabilidad en la conexión contratada. Así como también, un mayor ancho de banda que admita la transmisión de datos de alta capacidad. Las grandes empresas requieren eliminar las distancias geográficas entre su sede principal y sus sucursales. Ya que es necesario la transmisión de información en tiempo real. Estas interconexiones se pueden realizar mediante un enlace dedicado de fibra óptica.

Cuando se habla de una red de fibra óptica dedicada, el enlace que se comprende desde el cliente al operador es totalmente dedicado, sin aplicar ningún nivel de división. Esto permite al usuario final tener una conexión directa y exclusiva desde la central del operador, obteniendo así, un enlace estable y seguro. Por otro lado, la fibra óptica como medio de difusión proporciona un gran desempeño, ya que es una tecnología confiable que se ha venido desarrollando a gran escala en los últimos años. Este a su vez brinda una mayor estabilidad de interconexión, debido a que presenta una atenuación o pérdida de potencia muy baja. Además, posee inmunidad a interferencias electromagnéticas.

En este sentido, lo que se propone, es realizar la planificación y posterior implementación de una red dedicada mediante un tendido de fibra óptica a una empresa ubicada en una zonificación industrial, que carece de presencia e infraestructura de operadores de telecomunicaciones.

En base a lo expuesto, se planteó la siguiente pregunta; ¿De qué forma se puede brindar un servicio de internet dedicado y optimizar la red de comunicación de una empresa cuya ubicación geográfica carece de infraestructura de operadores de telecomunicaciones?

Como solución a esta problemática y como se comentó anteriormente, es necesario un diseño de planta externa mediante la red del operador Optical Networks, para así mejorar la capacidad de transmisión de datos de la empresa cliente.

La estructura que se siguió para este trabajo está comprendida en 2 capítulos. En el primer capítulo se explican los conceptos involucrados para el desarrollo del

trabajo. Además, se detalla también una revisión bibliográfica de otras referencias que comprenden temas semejantes al presente trabajo. En el Capítulo 2 se detalla la metodología de desarrollo del trabajo, y se da a conocer en detalle el diseño, implementación y validación del tendido de cable ejecutado.

OBJETIVOS

a) General

Realizar el diseño e implementación de una red de fibra óptica para optimizar la red de comunicación actual de la empresa Fundación Chilca S.A.

b) Específicos

1. Realizar el levantamiento de información e inspección técnica del tendido de fibra óptica hacia el cliente, teniendo en cuenta los estándares y lineamientos técnicos que deben seguirse con el fin de tener una planta externa aérea o subterránea sostenible en el tiempo.
2. Implementar el tendido de fibra óptica diseñado, mediante la proyección de canalización e instalación de postes que permitirán dar acceso a la planta de la empresa Fundación Chilca S.A., y mejorar el acceso a internet que actualmente posee.
3. Garantizar la estabilidad y calidad del servicio del tendido de fibra óptica, mediante pruebas realizadas con un reflectómetro, según los estándares definidos por el operador de internet.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Bases Teóricas

1.1.1 Fibra óptica

Como se menciona en Thyagarajan, (2007); la fibra óptica se puede definir como un sistema de transmisión que transporta un haz de luz cargado de información; esta luz se guía a través del núcleo del filamento de fibra debido al “fenómeno de reflexión interna total”. Este fenómeno puede interpretarse cuando un haz luz intenta atravesar un medio de índice de refracción que es inferior al índice de refracción en el que este se encuentra, de modo que no pueda traspasar la superficie, y este quede encerrada y se refleje continuamente a través del medio en el que se encuentra.

El índice de refracción es un número sin una dimensión o unidad física asociada, que describe, qué tan rápido se propaga la luz a través de un medio; este se denota por el término “n” y se define por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{C}{V} \quad (1)$$

Donde:

C = *velocidad de la luz en el vacío*

V = *velocidad de la luz en el medio*

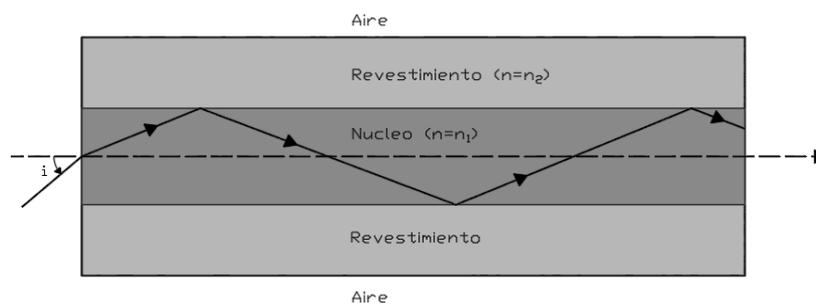


Figura 1. Refracción y reflexión de la luz en el núcleo de una Fibra Óptica
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 1, al introducir un rayo de luz por el núcleo de la fibra en un ángulo de inclinación máximo “i” con relación al eje del núcleo, este sufrirá

una refracción y viajará a través del núcleo reflejándose entre las paredes en ángulos muy amplios, de modo que avanzará el centro sin atravesar el revestimiento. Esto se logran cuando el índice de refracción del núcleo n_1 es mayor al índice de refracción del revestimiento n_2 , cumpliéndose así el fenómeno de reflexión interna total.

1.1.1.1 Fibra monomodo

Es aquella fibra que solo permite un único modo de propagación, es decir se transmite un solo haz de luz para enviar la información. Esto debido a que el tipo de fibra cuenta con un núcleo de diámetro inferior a comparación de otras fibras, por lo que permite que, al introducir un rayo de luz, este no toque el revestimiento y no se genere atenuación. Por consiguiente, la fibra monomodo se caracteriza por su baja atenuación en la señal, una mayor velocidad de transmisión y una mayor distancia de alcance. Gutiérrez Villagómez, E. G. (2014).

1.1.1.2 Fibra multimodo

Este tipo de fibra óptica es aquella en la que los rayos de luz pueden tomar varios caminos o modos de propagación cuando se introducen en el núcleo, es decir que la información se va transmitir mediante varios haces de luz que viajarán por el núcleo por diferentes caminos, por lo que se tendrá como resultado que no lleguen al mismo tiempo a su destino y por ende se genere una mayor atenuación en el enlace y una menor velocidad de transmisión. Este tipo de fibra es usado normalmente en aplicaciones de menor distancia, ya que es simple de diseñar y resulta más económico a comparación de una fibra Monomodo. (Rivas, S. B. 2013).

1.1.2 Fibra Óptica ADSS

El cable de fibra óptica ADSS (All Dielectric Self Supported) es un tipo de cable óptico diseñado para instalación aérea entre postes. Están contruidos mecánicamente con más resistencia que otros cables convencionales, ya que cuenta en la parte central del cable, con una guía plástica o hilos de aramida que permiten mantener la firmeza exterior e interior de los hilos de fibra óptica, permitiendo así cubrir grandes vanos de tendido entre postes. Recuperado de: <https://www.mgfibertech.com/portfolio/cable-aereo-auto-soportado-adss/>

En la Figura 2, se puede observar una vista de perspectiva de la sección transversal de un cable de de Fibra Óptica ADSS. Se puede notar los filamentos de fibra, estos se encuentran cubiertos por un tubo holgado o comúnmente llamado “buffer” relleno de gel contra agua; así mismo están cubiertos por una o dos capas protectoras de material polietileno. En la parte central del cable se cuenta con un miembro central de refuerzo de material dieléctrico que tiene como función principal, brindar rigidez al cable de fibra óptica.

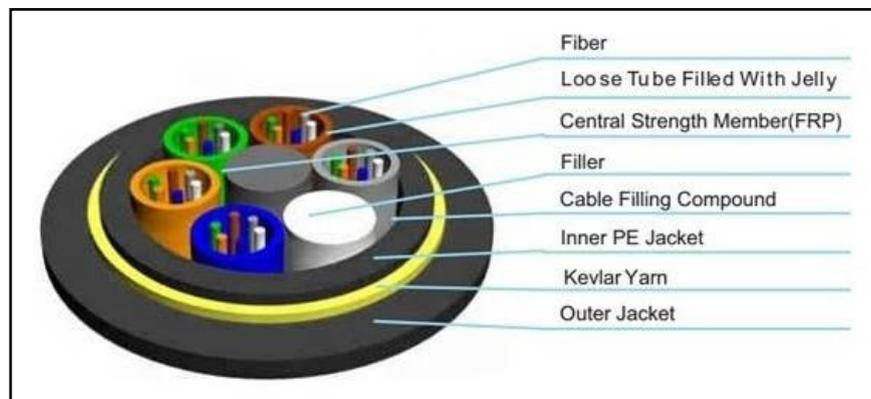


Figura 2. Estructura interna de un Cable de Fibra Óptica ADSS

Fuente:<http://spanish.opticalfiberpigtail.com/sale-10904263-adss-optical-fiber-cable-all-dielectric-self-supporting-aerial-with-100m-200m-span.html>

1.1.3 Planta externa

De acuerdo a la definición que da el estándar ANSI-TIA-758-B, planta externa se define como: “Infraestructura de telecomunicaciones diseñada para instalaciones en exterior hasta el edificio”; en otras palabras, es un conjunto de elementos de una red de infraestructura exterior de comunicaciones, el cual puede estar compuesta por postes, cables y demás conexiones que se pueden observar externamente.

1.1.4 Instalación aérea

Los cables de fibra óptica pueden estar soportados tanto en postes de comunicaciones como en postes eléctricos. En el caso de ser un tendido de fibra realizado mediante postes de alumbrado, el cable de fibra deberá de alcanzar una altura mínima de 5.40 metros a lo largo de calles, y 5.90 metros a lo largo de avenidas según las Normativas Internas de Instalación de Cables de Comunicación, Luz del Sur (2001).

El tendido de forma aérea puede comprender una serie de reglamentos para su ejecución y despliegue, el cual pueden estar sujetas y condicionadas por las normativas de las autoridades locales de cada lugar en donde se tiene previsto realizar este tipo de tendido.

1.1.5 Ferrería

Elementos usados para la sujeción y suspensión del cableado de comunicaciones en un tendido aéreo.

- Herraje de Tensión

Este tipo de herraje es usado para soportar la tensión del cable de fibra óptica y distribuir de manera homogénea la tensión generada en un tendido aéreo, para así obtener una resistencia y sujeción segura del cable óptico hacia el poste donde se encuentra soportado.

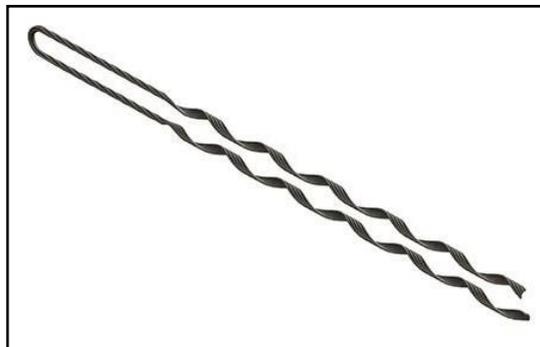


Figura 3. Fotografía de herraje de tensión

Fuente: <https://www.chipssa.com/productos/preformado-para-fibra-optica/>

- Herraje de Suspensión

Sistema de anclaje fabricado en acero galvanizado, utilizado en postes de concreto, fierro o madera, para retener por sus extremos cables coaxiales y cables de fibra óptica.

En la Figura 4 se observa el herraje de suspensión tipo D o comúnmente llamado “clevis”, el cual fue considerado para el presente diseño de planta externa. Este herraje cuenta con un carrete fabricado en porcelana que sirve como aislante para redes aéreas de distribución eléctrica, así como también para tendidos de cableado de fibra óptica.



Figura 4. Herraje de suspensión tipo "D" (clevis)
Fuente: Optical Networks

- Cruceta

Utilizado para almacenar un enrollado de reserva de fibra óptica. Es dejado cada cierto tramo en tendidos largos para una futura proyección de caja de empalme u otros fines. Este tipo de ferretería se fija de preferencia a la altura del nivel del herraje instalado en el poste.

Acondicionar una reserva de Fibra Óptica en una cruceta corresponde también a poder bajar la caja de empalme ya instalada a la zona donde se realizarán los empalmes y mantenimientos correspondientes. La reserva requerida en un poste de 9 metros de altura es de 15 metros.



Figura 5. Cruceta y reserva en Poste Optical Networks
Fuente: Elaboración propia

1.1.6 Instalación subterránea

El cableado de fibra óptica también se puede distribuir de forma subterránea, ya sea directamente enterrada o en interior de ducterías conectadas mediante cámaras o buzones en donde normalmente se suelen colocar las mufas o cajas de empalme.

La ejecución de un tendido subterráneo o canalizado comprende una inversión mayor al de un tendido aéreo, puesto a que se deben de realizar obras civiles que involucran la excavación de zanjas, instalación de cámaras o buzones y reposición del suelo en donde se está proyectando.

Este tipo de tendido dependerá mucho del lugar geográfico y ubicación en donde se requerirá distribuir un tendido de fibra óptica; cabe mencionar que uno de los motivos por el cual se realiza este método es por disposición y reglamentos de las autoridades locales del lugar en donde se requiere realizar un tendido de red de comunicaciones.

El tendido subterráneo se realiza también cuando se requiere cruzar líneas de alta tensión, ya que según las normas de instalación propuestas por la concesionaria eléctrica Luz del Sur, “no se está permitido los cruces de cables de comunicación con líneas de alta tensión (60KV y 220KV)”. Dada esta normativa, el cruce de esta red eléctrica no puede ser realizado por un tendido aéreo, por lo que es recomendable proyectar un canalizado entre postes. Normas Internas de Instalación de Cables de Comunicación, Luz del Sur (2001).

1.1.7 Cajas de empalme

También llamadas mufas o mangas ópticas. Tienen como finalidad encerrar y proteger herméticamente en su interior los empalmes o fusiones de hilos de fibra óptica. Estas cajas de conexión deben de cumplir ciertos lineamientos para una correcta infraestructura de red, como tener un buen desempeño ante el impacto, jalado o tensión de la fibra. Las cajas de empalme deben de cumplir también con los estándares de nivel de resistencia al agua y polvo (IP65 e IP68). Contreras, V. A. (2005).

En la Figura 6 se visualiza una caja de empalme tipo mondragón, con capacidad para albergar hasta 64 fusiones de fibra.

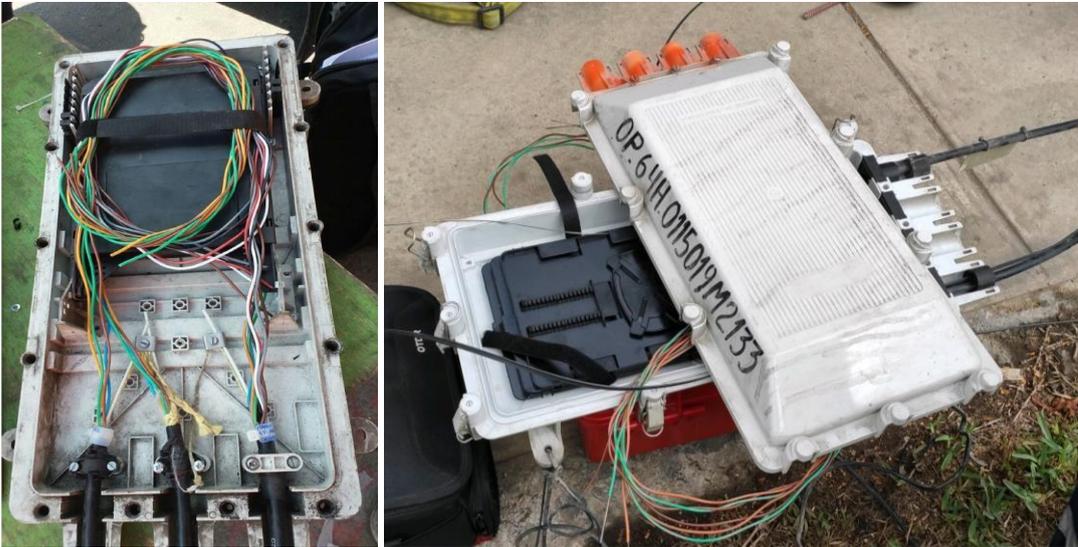


Figura 6. Caja de empalme tipo Mondragón de 64H
Fuente: Elaboración propia

1.1.8 Conectores

Componentes mecánicos que son instalados en los extremos de los cables de fibra. Estos permiten la alineación y unión temporal de dos cables de los filamentos de fibra óptica y facilitan la conectorización de la fibra con un equipo de red.

Existe mucha variedad de conectores ópticos en el mercado; en la Figura 7 se muestran los conectores comúnmente usados, entre ellos destacan los tipo FC, LC y SC.



Figura 7. Conectores ópticos FC, LC y SC
Fuente: <https://www.hanlan-tech.com/product-category/accessories/fiber-optic-connectivity>

1.1.9 Pérdida o atenuación

La definición que da Boquera, M. C. E. (2005) es: Disminución de la potencia de la señal con relación a la distancia en la que se propaga. Para los filamentos de fibra óptica y los modos de propagación, la reducción de potencia se produce exponencialmente con la longitud recorrida. Si formulamos esta relación en unidades logarítmicas (decibeles), encontramos que la atenuación es proporcional a la distancia. La constante de proporcionalidad también se llamada constante de atenuación se mide en dB/km. Boquera, M. C. E. (2005).

Según la normativa ITU-T Rec. L.36, La pérdida o atenuación "A" en una fibra óptica está determinada por la relación entre la potencia óptica de salida y la potencia óptica de entrada expresada en decibelios:

$$A = -10 \cdot \text{Log} \frac{P_i}{P_0} [dB] \quad (1)$$

Donde P_0 es la potencia de entrada de la conexión y P_i es la potencia de salida.

1.1.10 Ventanas de operación

Son las regiones del espectro donde las propiedades de transmisión de las fibras son más favorables, ya que alcanzan niveles bajos de atenuación.

La primera ventana de transmisión opera alrededor de 850 nm. Los primeros sistemas de transmisión por fibra operaron en esta ventana, por lo que ya no se suele utilizar debido a que posee mucha atenuación (2 a 5 dB/km).

La segunda ventana de transmisión opera cerca de la longitud de onda de 1310nm. En esta región la fibra óptica adquiere una constante de atenuación de 0,5 dB/km.

En la tercera ventana, las atenuaciones que se alcanzan son de alrededor de los 0,2 dB/km, que son correspondientes a las longitudes de onda cercanas a 1550 nm. Boquera, M. C. E. (2005).

Estas regiones denominadas ventanas, en donde las fibras alcanzan valores mínimos de atenuación, se pueden observar en la siguiente gráfica:

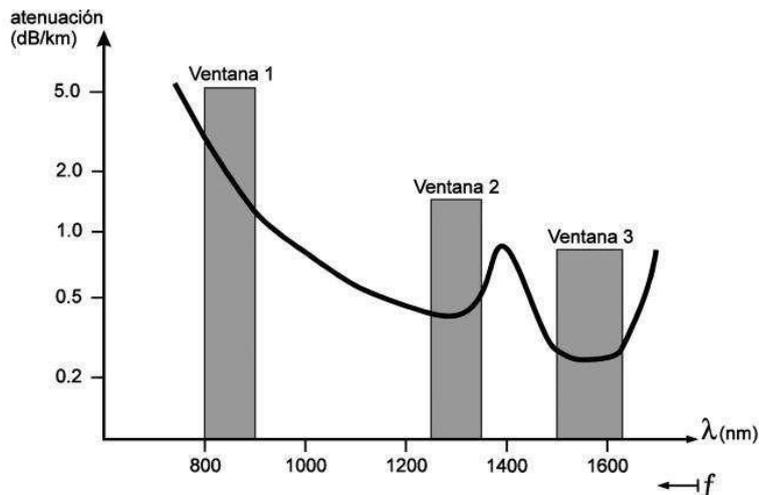


Figura 8. Curva de atenuación y ventanas de operación de las F.O.
 Fuente: Vela, R. N. (1999). Líneas de transmisión. McGraw-Hill.

1.1.11 Reflectómetro Óptico en el Dominio del tiempo - OTDR

Para una instalación o mantenimiento de una red de fibra óptica es importante realizar las pruebas necesarias para comprobar su correcto funcionamiento. Entre los principales equipos de medida se encuentra el OTDR "Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo". Este equipo de medición permitirá conocer las pérdidas y ubicación de eventos principalmente ocasionados por los empalmes.

Cada medición con este equipo se entrega con un informe y el protocolo correspondiente. Para medir una fibra en una dirección, se conecta el reflectómetro a un extremo del cable de fibra óptica para obtener una lectura que proporcionará información sobre la continuidad del tramo de la fibra, las pérdidas por empalmes, la pérdida total del enlace, la atenuación de cada tramo de fibra y la reflectancia de fusión o conexiones, etc.

Como regla general, las pruebas reflectométricas se realizan en las ventanas de operación de 1310 nm y 1550 nm. Las mediciones en la segunda ventana, permiten la evaluar la instalación; por otro lado, las que se realizan en la tercera ventana mostrarán el impacto de la tensión residual y curvaturas en la fibra, lo que permite detectar defectos o errores en la implementación. Hinojosa Gómez, L. C. (2007).

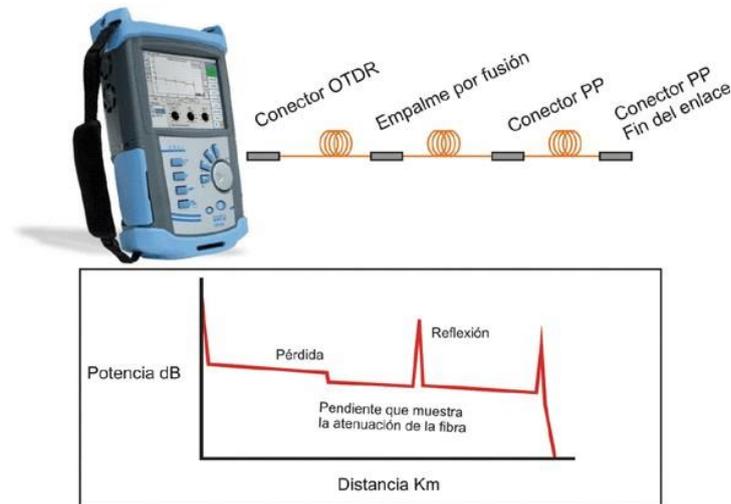


Figura 9. Prueba óptica con OTDR
Fuente: Conectrónica, 2009

1.1.12 Estándar ANSI/TIA/EIA-758

Norma que hace referencia a otros 54 estándares y reglamentos que, por referencia, recopila todas las normas existentes.

El estándar ANSI/TIA/EIA-758 indica que existen 2 tipos de caminos; (ductos o túneles) y (caminos o Espacios y vías aéreas) en una red de cableado de comunicaciones.

Dicho cableado puede tener empalmes intermedios. El cableado de fibra óptica puede pasar a través de una instalación de entrada al edificio como parte de la ruta del cable.

La norma también especifica los requerimientos del cableado de fibra óptica, para la vida útil de las vías o espacios del cableado, y considera que la vida útil del cable es de 30 años y la vida útil del conducto es de 40 años.

Algunas especificaciones que da el Estándar ANSI/TIA/EIA-758 en relación a la instalación de cableados de redes ópticas son:

- **Conducto enterrado bajo tierra:**

“Asegurar la protección de los cables de comunicación frente a otros servicios como compañías eléctricas, considerar el tráfico de vehículos y la profundidad de la zanja”.

- **Enterrado directamente**

“Se debe de asegurar que los cables de comunicación tengan una construcción apropiada para ser enterrados directamente – se considera también la protección antirroedores”.

- **Aéreo**

“Se debe de garantizar la protección del cable contra los rayos ultravioleta y de la máxima tensión de tracción. Considerar también la estética del entorno, la carga entre postes y altura mínima con relación al suelo”

- **Túnel de servicio**

“La instalación en un túnel de servicio debe planificarse de tal forma que se garantice la separación de servicios, especialmente con líneas eléctricas. Se debe de considerar la corrosión de los cables y conexiones a tierra para protección del personal”

ANSI/TIA-758 (2012), Customer-Owned Outside Plant Telecommunications Infrastructure Standard.

1.2 Definición de términos básicos

1.2.1 Empalme o fusión

Unión permanente entre dos hilos de fibra óptica. Estos se logran mediante la fusión de las puntas o extremos de los filamentos de fibra o utilizando dispositivos mecánicos como acopladores y conectores, que las mantienen unidas y alineadas.

1.2.2 Vano

Es la separación que existe entre dos postes consecutivos. El vano máximo entre postes depende en gran medida a las características del cable que se usará.

1.2.3 Flecha

Parámetro usado para definir la distancia vertical entre el punto más bajo de la curvatura producida por el peso del cable de fibra en un vano, con respecto a la recta imaginaria que une los puntos de suspensión entre dos postes.

1.2.4 OTDR

Reflectómetro de dominio de tiempo óptico, instrumento que se utiliza en redes de fibra óptica. Puede mostrar con precisión la distribución de las pérdidas en una red de fibra óptica, y detectar los daños generados como dobleces, empalmes o roturas en el cable de fibra óptica.

1.2.5 Internet dedicado

Servicio de internet orientado especialmente para el sector corporativo, este tipo de servicio garantiza un acceso seguro y estable ya que consta de un único enlace entre el proveedor que presta el servicio y la empresa que lo contrata.

1.2.6 Nodo

En telecomunicaciones, es el lugar en donde se concentran los equipos principales de transmisión de una red de comunicaciones.

1.2.7 Media converter

Dispositivo activo diseñado para la conversión de señales eléctricas (cableado UTP) a señales ópticas (fibra óptica) y viceversa.

1.2.8 Roseta óptica

Caja óptica que permite la terminación de un cableado de fibra óptica que llega hasta el abonado, terminando dicho cable en un adaptador óptico mediante una fusión. Esta roseta tiene como función albergar y proteger las fusiones de fibra óptica que se realizan para dicha terminación en el adaptador.

1.2.9 Patch cord de fibra óptica

Es un cable de fibra óptica de corta longitud, para uso en interiores como data center, cabeceras, u oficinas centrales de proveedores de servicios. Estos cables sirven principalmente para interconectar directamente una caja óptica (roseta óptica) con un equipo activo que admita este tipo de conexión.

1.2.10 EIA (Electronic Industries Alliance)

Organización que está establecida por la asociación de las compañías electrónicas estadounidenses de alta tecnología. Promueven el correcto desarrollo del mercado, así como la competitividad de la industria de la alta tecnología.

1.2.11 TIA (Telecommunications Industry Association)

Organización que desarrolla estándares que definen la forma de planificar, ejecutar y administrar una red de cableado estructurado de voz y datos.

1.2.12 ITU o UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

Organización especializada en telecomunicaciones, responsable de la regulación de las telecomunicaciones a nivel mundial entre las diferentes administraciones y entes operadores.

1.2.13 ANSI (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares)

Organización privada que gestiona y coordina el sistema de normas voluntarias del sector privado de los Estados Unidos.

1.2.14 ANSI/EIA/TIA-455

Estándar en el que se describen los procedimientos de prueba para cables de fibra, transductores de fibra óptica, sensores, conexión y dispositivos de terminación y otros componentes de fibra óptica.

1.2.15 ITU-T G. 652

Estándar que describe las propiedades geométricas, mecánicas y de transmisión de las fibras y cables ópticos tipo monomodo. Este estándar define también los atributos de un enlace como la atenuación total o la dispersión cromática.

1.2.16 EIA/TIA-526-7

Estándar que incluye la medición de la pérdida de potencia óptica en redes de cables de fibra óptica monomodo instaladas.

1.3 Estado del arte

Se hizo una revisión bibliográfica actual con trabajos similares al presente trabajo de suficiencia, donde se exploran temas como planta externa, tendido de fibra óptica, entre otros. Algunos de los más importantes podemos describir en los párrafos siguientes.

En la tesis de López Polo, E. D. (2016), se presentó un diseño para una red de fibra óptica dirigido al hogar, para el servicio de banda ancha en la localidad de Coisho en la provincia de Santa del departamento de Ancash. En dicho trabajo se pudo calcular el ancho de banda standard necesario, el cual asciende a 2,5 Gbps para los habitantes de Coishco. Asimismo, se determinó una pérdida de potencia máxima de 24.55 dB para los usuarios más alejados. Dicho trabajo es similar al presente trabajo de suficiencia en el sentido de que es una instalación de red de fibra óptica donde realizaron pruebas similares con un reflectómetro óptico de dominio en el tiempo (OTDR). Sin embargo, en dicho trabajo se usa el modelo de red FTTH diseñado para usuarios residenciales, a diferencia del presente trabajo de suficiencia, donde se ha implementado un enlace punto a punto. Por consiguiente, el autor realizó cálculos de costos para instalación y equipos de red así como una estimación del tiempo de instalación, lo cual resulta muy interesante.

Por otro lado, en la tesis de Pachas Matias, M. J. (2018), se describe también un diseño de red FTTH mediante un sistema de red de alcantarillado, dicho trabajo tiene como objetivo principal el brindar accesos de servicios de telecomunicaciones de banda ancha al distrito de El Agustino, aprovechando el sistema de alcantarillado del distrito, como red de planta externa. Se pudo determinar que este despliegue de red beneficiaría a 580 hogares del distrito en mención, y se pudo calcular la atenuación del enlace total que dio como resultado 21.792 dB, comprobando así la viabilidad del enlace. Existe similitud con relación al presente trabajo de suficiencia que se viene desarrollando, en el ámbito de despliegue de red de Fibra Óptica, como se mencionó anteriormente las redes FTTH están diseñadas especialmente para clientes residenciales, ya que se usa un sistema de despliegue basado en divisores ópticos o splitters, que ayudan a que la red sea escalable y pueda favorecer a una gran cantidad de usuarios finales.

Gutiérrez Villagómez, E. G. (2014), demuestra en su trabajo de investigación, la factibilidad de una implementación de tramo de fibra óptica entre la localidad de Desaguadero y Moquegua ubicados al sur del Perú, con el fin de brindar una alternativa viable de transmisión de datos entre Perú y Bolivia, de tal forma que se buscó diversificar la oferta de servicios de datos internacionales, permitiendo una reducción de costos de acceso a internet para la población de Bolivia. Se pudo concluir en el ámbito financiero que la tentativa del proyecto es viable, ya que se realizaron cálculos y evaluaciones financieras que resultaron económicamente factibles. Un elemento destacable en este trabajo es la evaluación económica y financiera del proyecto propuesto, ya que se estimaron datos provistos por operadores privados en Bolivia y del Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEL), lo cual ayudaron a obtener una valorización respectiva a la tentativa de proyecto.

Barrera Moreano, R. B. (2014), en su tesis titulada “Red de fibra óptica con tecnología GPON para el mejoramiento de los servicios de telecomunicaciones de la empresa Puntonet en la ciudad de Ambato” describe el análisis del diseño de una red de fibra óptica utilizando el estándar GPON, con el fin de ampliar y mejorar el servicio de red en la empresa operadora en mención, cabe mencionar que la empresa solo se dedica a brindar servicio por radio enlaces. Para esto se desarrolló un esquema de red de fibra óptica en donde se determinó la mejor ruta de tendido en la ciudad de Ambato, se realizaron también cálculos de enlaces ópticos, en donde se pudo concluir que para la realización de este proyecto es necesario una gran inversión y un diseño de red que esté correctamente dimensionada.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

2.1 Delimitación temporal

El diseño e implementación se realizará en un tiempo de 03 meses, comprendido entre el mes de Diciembre de 2019, hasta el mes de Febrero de 2020.

2.2 Delimitación espacial

El proyecto se realiza en el distrito de Chilca, provincia de Cañete, departamento de Lima. En la Figura 10, se muestra la localización del distrito de Chilca ubicada al sur de Lima. Se detalla también la localización de la empresa Fundición Chilca S.A., ubicada al Este del distrito de Chilca, en la Av. Santo Domingo de Los Olleros.

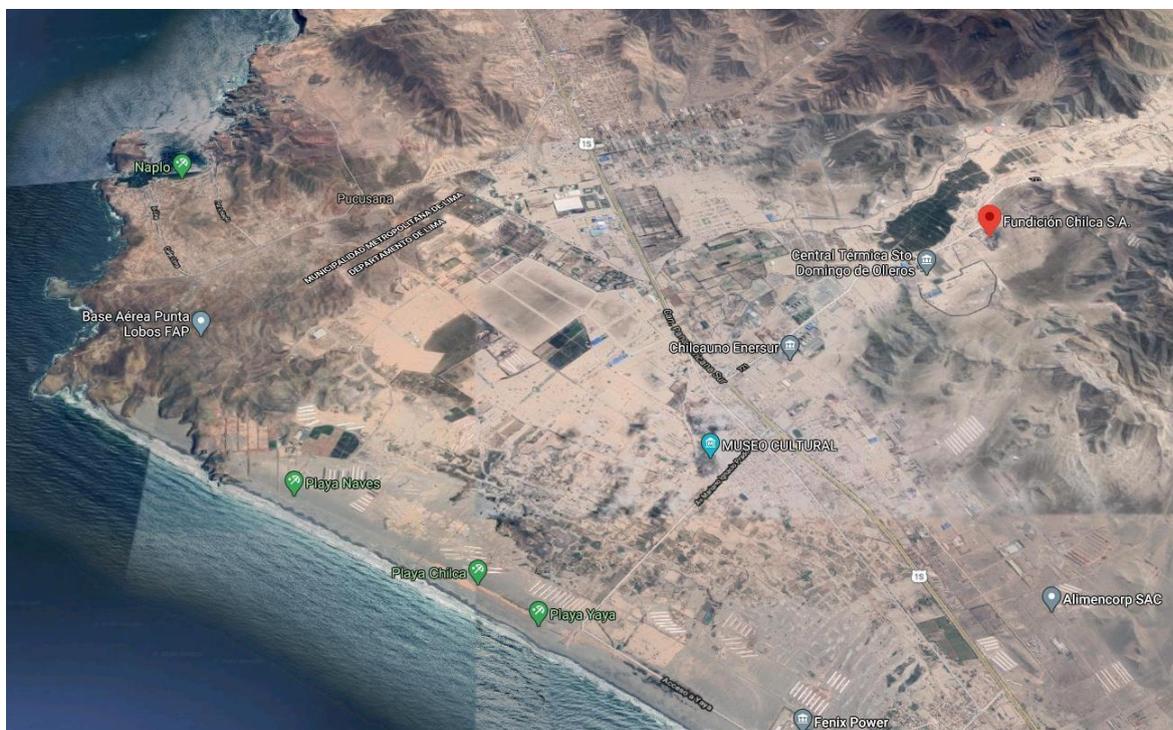


Figura 10. Ubicación geográfica del distrito de Chilca
Fuente: Google Earth.

2.3 Determinación y análisis del problema

La empresa Fundación Chilca S.A. cuenta con un servicio de internet mediante un sistema por radio enlace, el cual viene experimentando problemas de red, debido a factores como las condiciones atmosféricas o la obstrucción en línea de vista, que pueden ocasionar desvanecimientos en la señal.

Por otro lado, la empresa en mención se viene desarrollando comercialmente e incrementando la demanda de sus servicios, por lo que este tipo de enlace se ha venido saturando con el tiempo, provocando problemas en su red. Es por ello que se plantea una alternativa de solución mediante el diseño e implementación de un nuevo enlace por fibra óptica, que permita un control adecuado y efectivo sobre la gestión de toda la información.

2.3.1 Problema General

La red de comunicación actual de la empresa Fundación Chilca S.A. carece de una red de fibra óptica dedicada y optimizada.

2.3.2 Problemas específicos.

- ¿Cómo realizar el levantamiento de información e inspección técnica del tendido de fibra óptica hacia el cliente?
- ¿Cómo Implementar el tendido de fibra óptica diseñado que permitirá dar acceso a la planta de la empresa Fundación Chilca S.A.?
- ¿Cómo se podrá garantizar la estabilidad y calidad del servicio de la implementación del tendido de fibra óptica?

2.4 Modelo de solución propuesto

Para solucionar esta problemática nos hemos basado en el flujo de trabajo de la empresa Optical Networks. En la Figura 11 se mostrará mediante un flujograma las etapas del proyecto, desde que el cliente realiza la solicitud del servicio hasta la implementación del mismo; extendiéndose entre diferentes áreas de operación y administrativas.

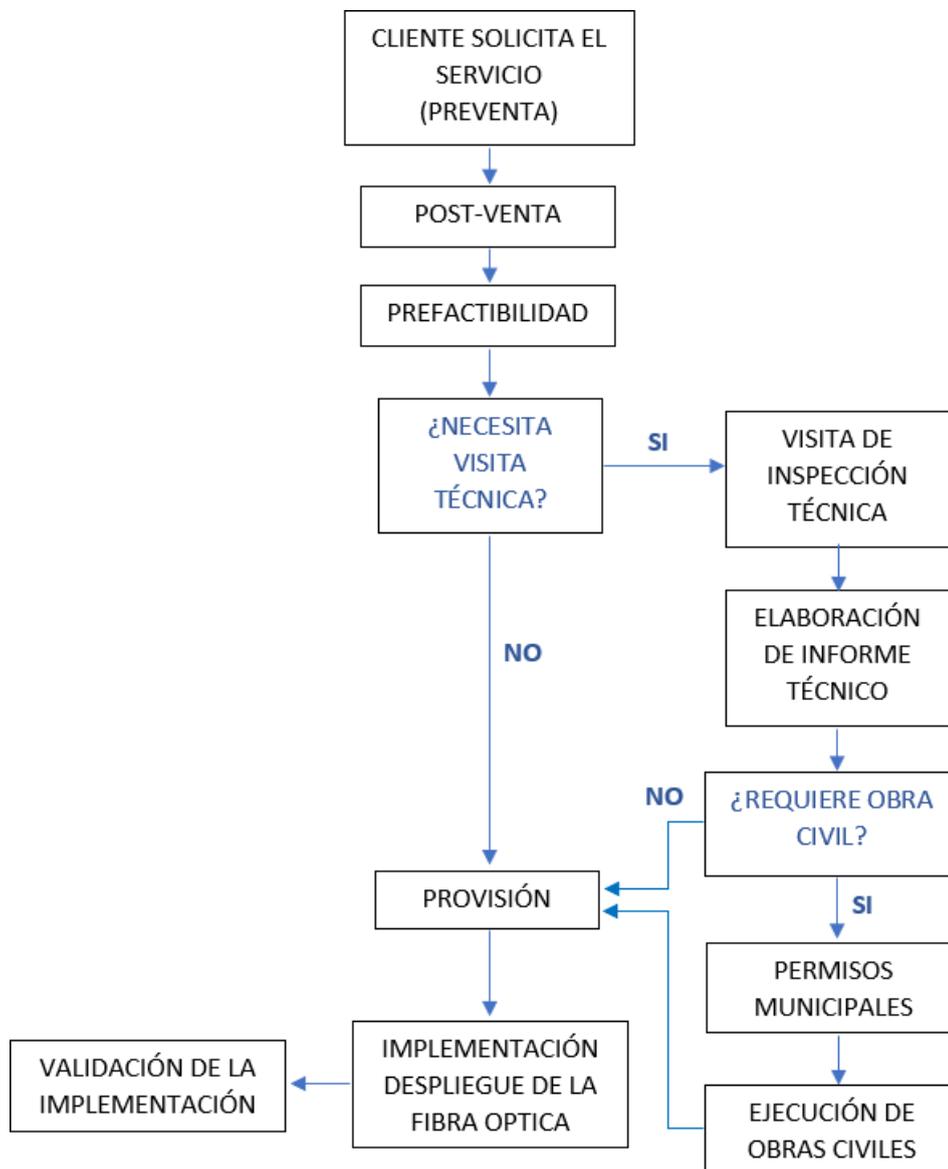


Figura 11. Flujograma del proyecto
Fuente: Elaboración propia

2.2.1 Diseño e Implementación de la solución propuesta

2.4.1.1 Diseño de la solución propuesta

Para llevar a cabo el diseño de planta externa, es necesario realizar una inspección o levantamiento en campo, en el cual se deberá determinar la longitud y ruta del cableado de fibra desde el nodo del proveedor hacia la infraestructura del usuario final. Por consiguiente, con los datos obtenidos en campo se procede a realizar un informe técnico en donde se detalla en un reporte fotográfico y planos, todo el recorrido del cableado de fibra óptica que deberá ser implementado.

2.4.1.1.1 Visita de inspección técnica

Como se mencionó antes, para efectuar el diseño de planta externa, se requiere en primera instancia realizar una inspección del lugar geográfico en donde se encuentra la empresa que requiere este servicio. Dicha visita consta también de una inspección interna en el inmueble, en el cual se evalúa y se define en conjunto con el cliente, el tipo de acceso o acometida del cableado de fibra óptica, ya sea aéreo o subterráneo.

Para evaluar una ruta de tendido de fibra óptica, el personal que realiza la inspección, se apoya en documentos y planos brindados por la empresa operadora. Estos planos permiten visualizar la red externa existente del operador de internet (Ver Figura 12), a su vez contienen información de las cajas de empalme o reservas de fibra óptica más cercanas al cliente que pueden ser consideradas como punto inicial para la proyección del tendido de planta externa.



Figura 12. Plano catastral brindado por la operadora de internet Optical Networks
Fuente: Optical Networks, 2020

En la Figura 12 se observa el plano brindado por el operador de internet. Este plano refleja la información actual de la red externa cercana al cliente. Dicho plano muestra el cableado de fibra óptica existente (color naranja), clientes con servicios activos (color verde), cajas de empalme, reservas, y la ubicación del cliente el cual requiere el servicio.

Con toda la información suministrada, el diseñador de planta externa deberá realizar el levantamiento de información en campo teniendo en cuenta todos los lineamientos técnicos establecidos por la empresa operadora.

En la Figura 13 se muestra el personal que realiza el levantamiento de información, el cual cuenta como herramienta un odómetro que servirá para el cálculo de la distancia entre la proyección de postes, distancia de las canalizaciones a realizar y la longitud total de fibra aproximada que se implementará.



Figura 13. Fotografía diseñador de planta externa tomada en el lugar de trabajo
Fuente: Elaboración propia

Una vez definido el acceso al inmueble, se evalúa la ruta de tendido de fibra más viable, comprendida desde la caja de empalme más cercana al cliente.

Para este caso se evaluó una ruta desde una reserva de fibra óptica en poste del operador ubicado aproximadamente a 1 km del inmueble de la empresa cliente, el cual se tomó en consideración para la creación de una caja de empalme.

Este enrollado de fibra se encuentra ubicado en la intersección de la Av. Santo Domingo de Los Olleros con Calle S/N. (ver Figura 14).



Figura 14. Reserva de fibra óptica en poste de operador de internet
Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta la proyección de una caja de empalme, se procede a diseñar el tendido de fibra óptica tomando como punto inicial la reserva en poste.

Para este caso se trató de evaluar un recorrido de forma aérea, ya que esta solución resulta más sencilla y económica, sobre todo si existen postes disponibles que se puedan usar como apoyo, tales como postes de alumbrado público o infraestructura propia del proveedor.

Mediante el estudio realizado, se determinó que es necesaria la instalación de 15 postes de apoyo y la proyección de canalizado entre postes en tres secciones del tendido total. Este último, con el fin de evitar cruces aéreos con líneas eléctricas de alta y media tensión. Puesto que según las “Normas de Instalación de Cables de Comunicación, Luz del Sur (2001)”, indican que los cables de comunicación no deben cruzar de forma aérea las líneas de alta tensión (Véase Anexo 3). Por tanto, se considera el cruce de forma subterránea.

En la Figura 15, se observan algunas de las fotografías tomadas en la visita de inspección, en donde se pueden evidenciar que existen redes de alta y media tensión en la única ruta del cual se tiene previsto realizar el tendido. En la parte izquierda se puede visualizar algunos de los postes de Media tensión. En el lado

derecho se muestra una torre de línea de Alta tensión, el cual dificulta el despliegue de cualquier red aérea de fibra óptica.



Figura 15. Redes de alta y media tensión en la Av. Santo Domingo de los Olleros
Fuente: Elaboración propia

2.4.1.1.2 Elaboración de informe técnico

Con toda la información y datos obtenidos en el lugar geográfico, se procede a realizar el informe técnico. Este consta de un reporte fotográfico y la elaboración de planos de tendido realizados con el software AutoCAD, comprendido desde la caja de empalme más cercana, hacia las instalaciones de la empresa cliente.

- Informe fotográfico

En este apartado se realiza un documento fotográfico donde se redacta a detalle todo el recorrido que tomará el cable de fibra óptica. Este también contiene información de las obras civiles a realizar que fueron propuestas y diseñadas en la inspección técnica.

A continuación, se mostrará y se explicará algunas de las fotografías que fueron tomadas en la inspección, y que posteriormente sirvieron para la elaboración del reporte fotográfico.

Mediante el levantamiento realizado se determinó que será necesario el cruce por canalización de la Calle S/N. Este cruce estará comprendido desde el poste que contiene la reserva hasta el primer poste que se proyectará, esto con el fin de evitar el acercamiento aéreo del cable de fibra con la red y postería de media tensión que se observa en la parte izquierda de la Figura 16.

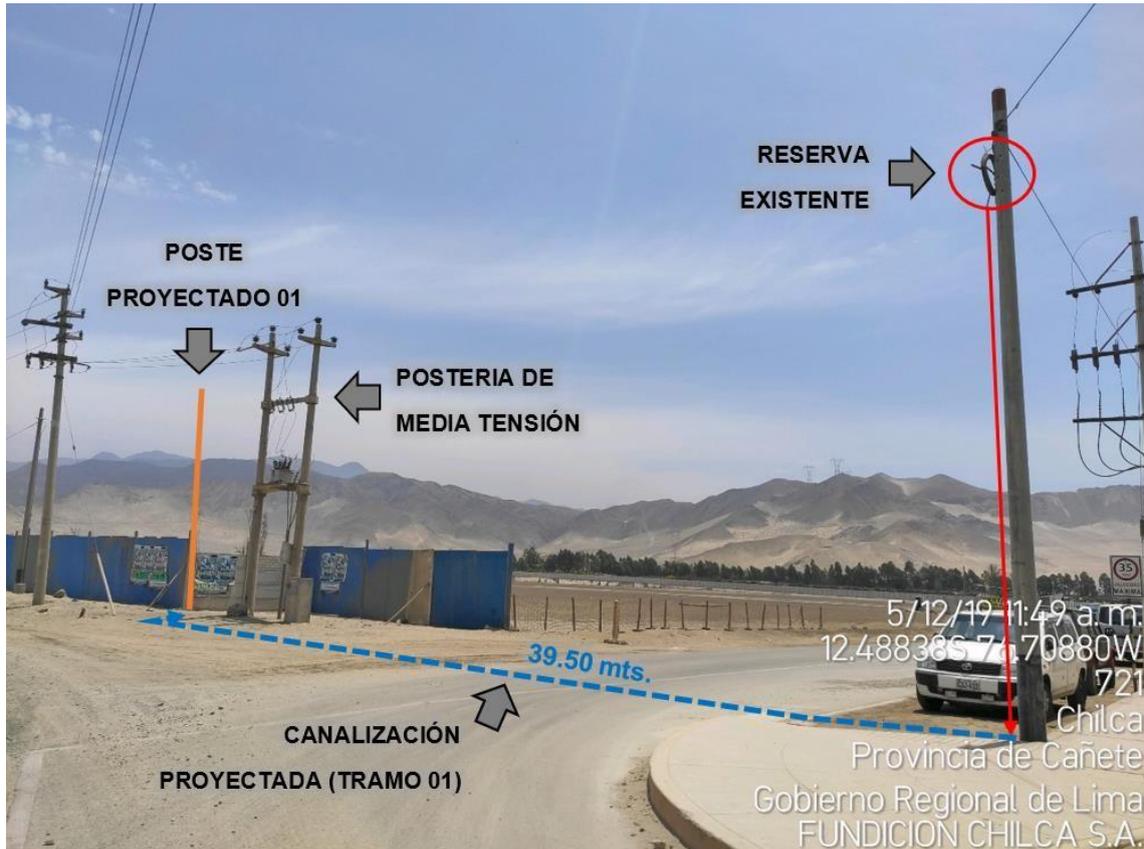


Figura 16. Reserva existente en poste y primer tramo de canalización proyectada
Fuente: Elaboración propia

Luego del primer tramo de canalización, se continuó con el análisis del tendido mediante la proyección de postes a lo largo de la Av. Santo Domingo de los Olleros. Cada uno de estos postes fueron proyectados con una separación aproximada de 50 metros considerando y evaluando la zona geográfica.

En la Figura 17 se observa el poste proyectado número 08, en donde se analizó un segundo recorrido por canalización con una longitud de 58.30 metros. Esto a consecuencia de la postería de media tensión que obstaculiza la continuación del recorrido aéreo.



Figura 17. Poste proyectado 08 y segundo tramo de canalización proyectada
Fuente: Elaboración propia

La proyección del tendido de fibra continuará mediante la canalización y postería necesaria, hasta al poste proyectado número 11, donde nuevamente se analizó un tercer tramo de canalización debido a la existencia de líneas de alta tensión.

Para este caso se realizó el cruce de dicha red eléctrica mediante la canalización mencionada con una longitud de 62.40 metros en superficie de tierra, comprendida entre los postes proyectados 11 y 12. (Ver Figura 18)

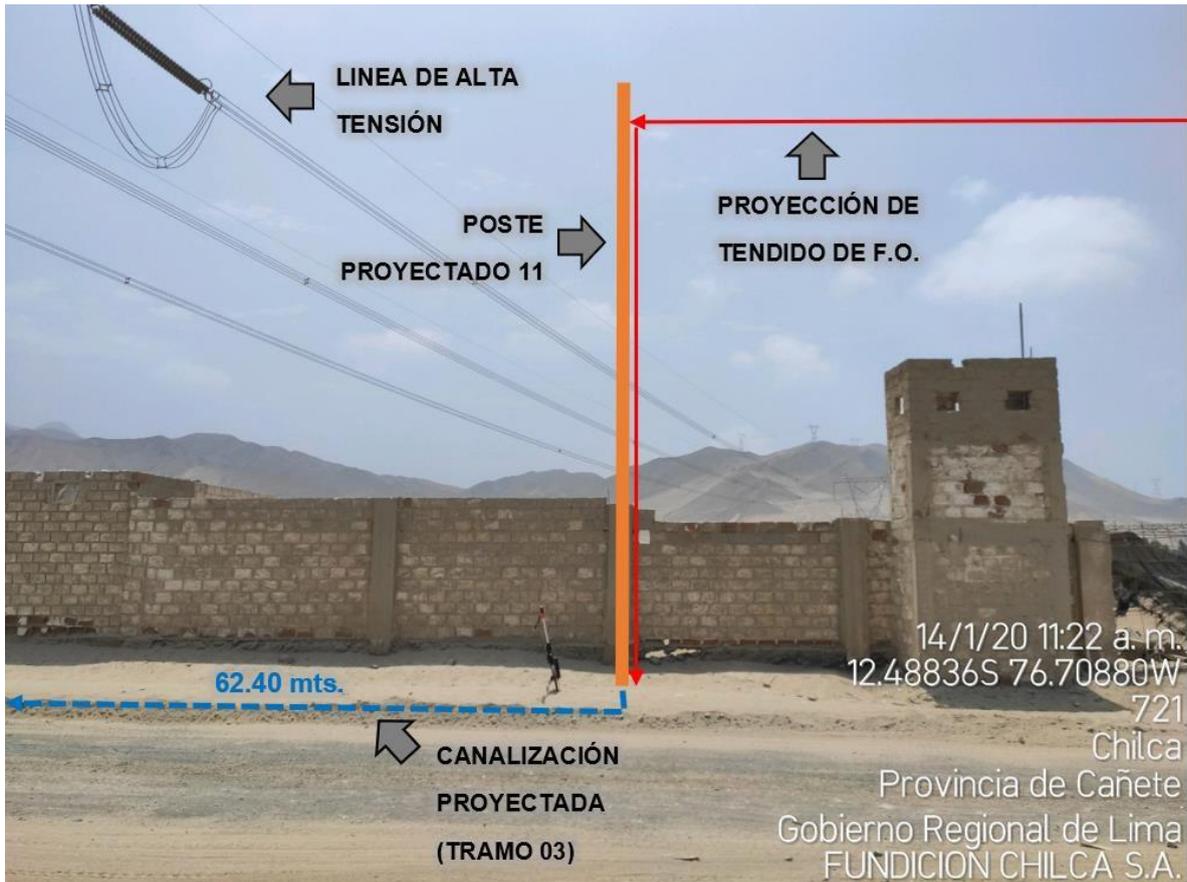


Figura 18. Poste proyectado 11 y tercer tramo de canalización proyectada
Fuente: Elaboración propia

Luego del tercer tramo de canalización se continuó evaluando los postes de apoyo necesarios para llegar de forma aérea a la fachada de la empresa cliente. Se realiza la última proyección de poste cerca de la postería interna de alumbrado perteneciente al cliente. Este poste se utilizará como apoyo para continuar con el recorrido en el interior de las instalaciones de la empresa Fundición Chilca S.A, tal y como se visualiza en la Figura 19.



Figura 19. Poste proyectado 15 y acceso aéreo proyectado al interior de predio
Fuente: Elaboración propia

- Planos de tendido

Este documento contiene toda la información necesaria del tendido externo que se consideró en la visita inspección. Comprende el tendido de fibra proyectado desde la caja de empalme hacia el inmueble del cliente. Dicho plano se realiza mediante el software AutoCAD modificando el plano catastral con los datos obtenidos en campo.

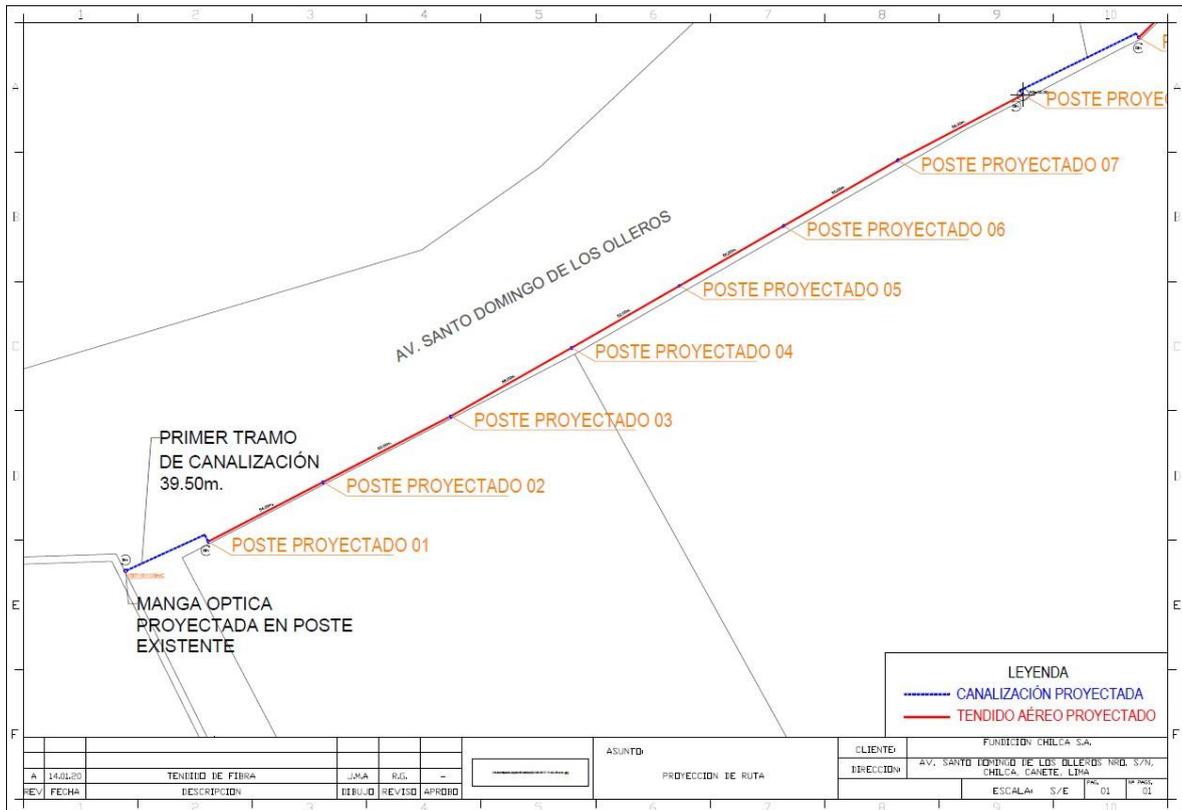


Figura 20. Plano de primer tramo de tendido de fibra óptica
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 20 se muestra el plano del primer tramo de tendido de fibra óptica, en el cual se detalla la cantidad de postes a instalar y la proyección de canalizados a lo largo del tendido. Estas serán ejecutadas posteriormente por el área de implementación y área de obras civiles del operador. Adicionalmente el plano muestra datos como la longitud entre postes y el metrado total de fibra óptica.

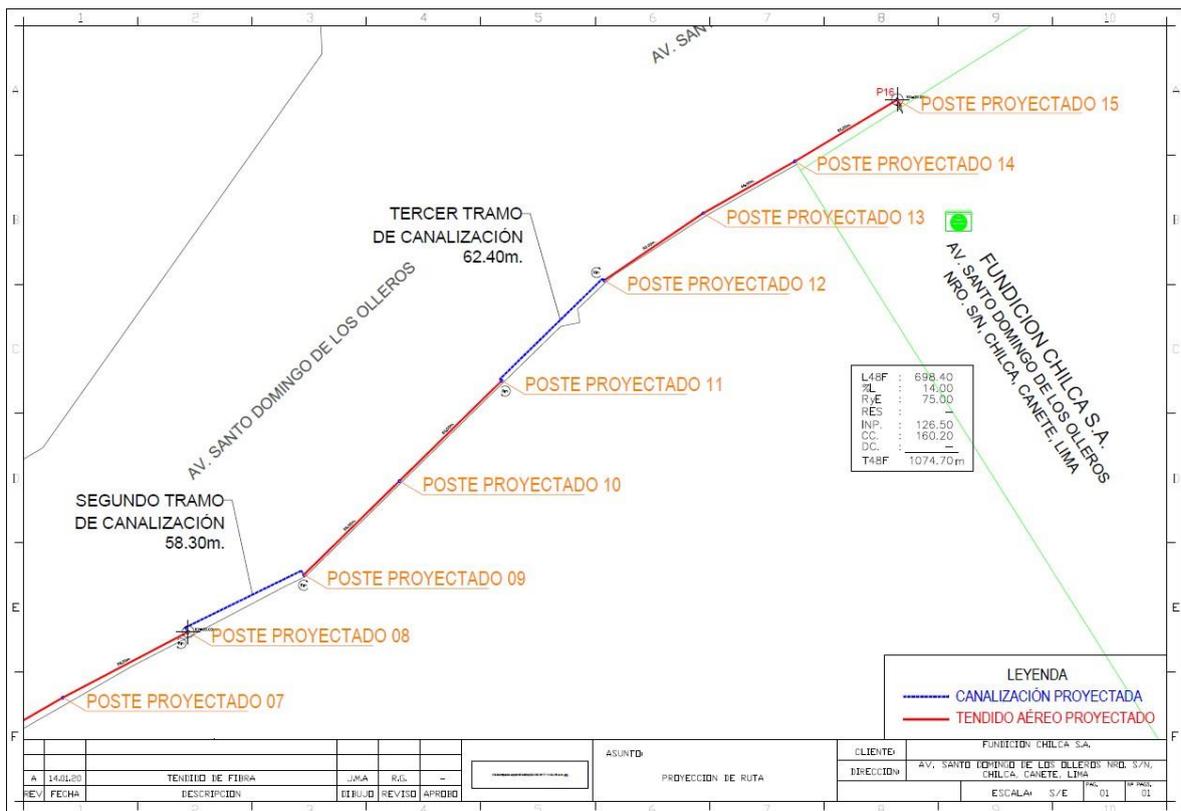


Figura 21. Plano de Segundo tramo de tendido de fibra óptica
Fuente: Elaboración propia

En este segundo plano (Figura 21) se muestra el segundo segmento de tendido o la continuación del primer plano. Se puede observar también el segundo y el tercer tramo de canalización proyectada que se diseñó en base a los obstáculos aéreos encontrados en campo.

Como parte final del diseño, los documentos realizados se envían al área de provisión e implementación que se encargarán de cotizar y programar los trabajos a realizar. Dichas áreas se encargan también de analizar las fusiones o empalmes necesarios que se realizarán en la instalación, esto se obtiene dando seguimiento a la red existente que está enlazada a la caja de empalme que se consideró en el diseño.

Para este caso se evaluó que será necesario las fusiones de hilos de fibra en las cajas de empalme que se encuentran desplegadas a lo largo de la red existente. Esto, con el fin de dar continuidad a todo el enlace (nodo - cliente) mediante un solo hilo de fibra.

2.4.1.2 Implementación de la solución propuesta

Cuando ya se posea toda la información necesaria, como planos, permisos municipales y cualquier otro anexo, se da por concluida la fase de diseño y la acción se traslada a la implementación en campo.

A continuación, se mencionarán los requerimientos necesarios para la implementación del diseño propuesto. Estos datos se obtuvieron mediante la elaboración del informe técnico, y permitirán hacer un cálculo de los costos mediante el preciarío definido por el operador Optical Networks.

- 1074.10 metros de cable de fibra óptica (desde mufa proyectada hasta la sala de comunicaciones del cliente).
- 160.20 metros de canalizado externo.
- 15 Postes de concreto de 9 metros.
- 01 caja de empalme proyectada en poste.

2.4.1.2.1 Instalación de postería

En el Anexo 1 se presentaron las normas técnicas y características de los postes a instalar. A continuación, se detallan los procedimientos de instalación de postería, elaborados por la operadora Optical Networks, que se consideraron para la ejecución de los trabajos.

Procedimiento de instalación de postes:

- I. Apertura del Pozo
 - Se considera el cavado de un pozo en forma cilíndrica, con un diámetro aproximado entre los 60 y 80 cm. Y una profundidad aproximada de 1.00 metros dependiente del tipo de suelo.
- II. Izaje y colocado del poste mediante camión grúa
 - El traslado de poste debe de ser reforzado utilizando 02 tiffors de 5 TN. Sujetando el poste en ambos extremos con bandas de estobos.
 - El área de trabajo deberá de tener una correcta señalización, para ello se deberá de emplear cintas de señalización, parantes, cilindros, etc.

- Para un correcto izaje se deberá de izar el poste utilizando bandas de estrobos y sogas que servirán para guiar la maniobra.
- El poste deberá de estar alineado con la ayuda de sogas o vientos que evitarán su caída. Cuando el poste obtenga una firmeza se retirará el estrobo posterior se retirará la grúa del área de trabajo.
- El vaciado de relleno se realizará con fragmentos de piedras y tierra que deberá de ser compactada; se utilizará mezcla de cemento como un refuerzo adicional cuando se trabaje en terrenos de superficies blandas.

III. Término de tarea

- Se deberá de verificar que el poste esté correctamente alineado y fijado al suelo.
- Se revisará que el poste no haya sufrido deformaciones o daños con la manipulación de la grúa.
- Finalmente, los residuos deberán de ser trasladados por el personal de trabajo hacia áreas destinadas para su almacenamiento.

IV. Retiro de materiales y equipo

- Se deberá de retirar de todas las herramientas de trabajo y materiales que se utilizaron.

V. Limpieza de la zona de trabajo

- Como parte final, se realizará la limpieza y se retirará el desmonte de la zona de trabajo. Se deberá de mantener el orden en los equipos y materiales hasta que se concluya toda la jornada.

Fuente: Optical Networks, 2018

Los postes a instalar a lo largo de todo el tramo comprendido serán de 9 metros de altura. En el Anexo 1 se muestran las especificaciones técnicas de la postería que se usará. Estos fueron instalados con una separación aproximada de 50 metros.



Figura 22. Poste Nro. 08 y 11 Instalado
Fuente: Elaboración propia

En la figura 22 se muestra la instalación concluida de los postes 08 y 11. Estos fueron ejecutados teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de instalación elaboradas por la operadora Optical Networks.

Para el tipo de suelo, en este caso arenoso, se consideró una profundidad de 1.20 metros para el empotramiento de los postes. Para este tipo de suelo es recomendable que se realicen cimentaciones profundas con un tratamiento de compactación previo, debido a que se puede presentar densificación del suelo a causa de los movimientos sísmicos.

2.4.1.2.2 Construcción de canalizado

Debido a la topología del terreno y a los obstáculos aéreos del mismo, fue necesario realizar instalaciones subterráneas para el tendido externo.

La construcción de canalizados se realizó en base a los reglamentos y procedimientos establecidos por la operadora Optical Networks, en su informe de “Especificaciones y normas técnicas de planta externa”. A continuación, se detallan algunas de las consideraciones generales planteadas que se deben de tomar en cuenta para una correcta instalación subterránea.

- Antes de iniciar cualquier trabajo deberá ser necesario conocer los datos técnicos especificados en los planos de diseño, a su vez se debe de contar con todos los permisos municipales pertinentes para el inicio de obras y cierre de la vía pública en caso sea necesario.
- Durante el proceso de construcción, se deben de disponer de equipos y herramientas adecuadas. Estos deberán de ser utilizarlos correctamente para evitar accidentes o daños.
- Los trabajos se realizarán de manera continua en el orden indicado según el plan de trabajo, no se permitirá el abandono de excavación, reposición y eliminación de desechos, debiendo realizarse en los tiempos oportunos de acuerdo con la normativa municipal.
- Durante la construcción, se deben instalar sistemas de control de tránsito en toda el área de trabajo, de acuerdo a las condiciones indicadas en la autorización de transporte urbano.
- La separación mínima entre cables cruzados o paralelos de alta y baja tensión y otros cables es de 30 centímetros respectivamente.
- Se debe nivelar el fondo de la zanja para que no contenga piedras y otros agentes que impidan la correcta colocación de ductos.
- A la hora de realizar las reposiciones es necesario tener en cuenta el mantenimiento del espesor mínimo indicado de las diferentes capas que

forman el pavimento demolido, así como el sellado de las juntas de expansión de las superficies repuestas.

- Se debe considerar el suministro y la instalación de tuberías de PVC de alta resistencia de 4 pulgadas de diámetro en función al número de vías que se indican en el plano.
- Los ductos a emplear serán de PVC Pesado de 100 milímetros de diámetro nominal, 114.00 milímetros de diámetro exterior y espesor de $e=3.4$ mm,
- El llenado y compactación de las tuberías se realizará manualmente dejando previamente en el fondo de la zanja, una capa de tierra cernida o arena gruesa de 5 cm de espesor, en el que se colocaran las tuberías y se rellenará hasta una altura de 10 cm. por encima del ducto más alto; Este relleno se realiza por igual a lo largo de los ductos y por ambos lados para evitar que se desvíen.
- El ancho y profundidad de excavación se determina de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 1. Consideración de ancho y profundidad para canalizados

DIMENSIÓN	UND	BASE 2	BASE 4
ANCHO (A)	m	0.45	0.65
		BAJO CALZADA	BAJO OTRA SUPERFICIE
PROFUNDIDAD (P)	m	$0.144 \times N + 0.85$	$0.144 \times N + 0.65$

Fuente: Optical Networks, 2020

Donde "N" es la cantidad de ductos en el plano vertical.

Como se mencionó, durante la etapa de diseño se necesitará la construcción de 3 secciones de canalizados que suman un total de 160.20 metros. Estos trabajos fueron ejecutados en el mes de febrero de 2020, con todos los permisos emitidos y aprobados por la Municipalidad de Chilca.

En la Figura 23 se visualiza el plano de obras civiles que fue elaborado en el informe técnico, para la construcción del primer tramo de canalización en el cruce de la Av. Santo Domingo de los Olleros con Calle S/N. El plano detalla la superficie y la ruta en donde se construirá el canalizado. Este primer tramo será de 39.50 metros comprendido en superficie PCA (Pista Concreto Asfalto) y en superficie de Tierra (T). El plano detalla también la ubicación en coordenadas UTM del punto inicial y final de la canalización proyectada.

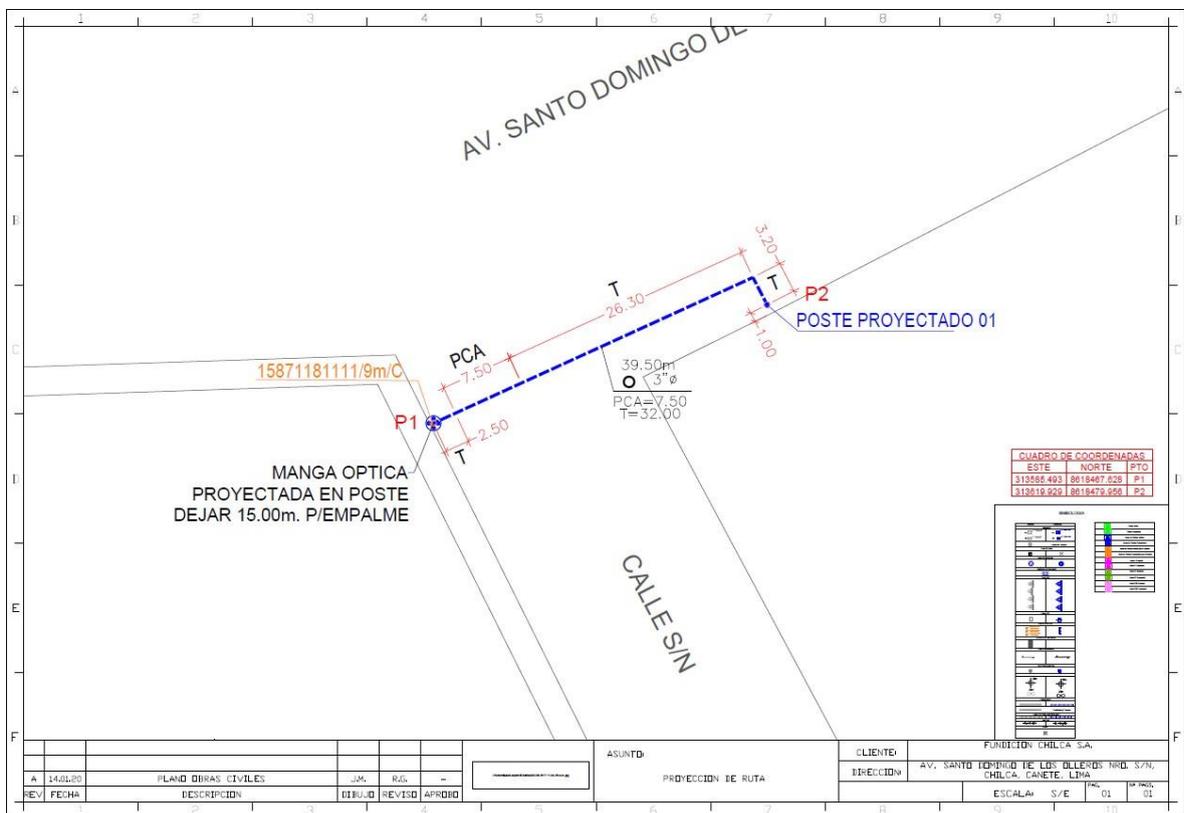


Figura 23. Plano de primer tramo de canalización
Fuente: Elaboración propia

En lo anteriormente mencionado, para la ejecución del canalizado previamente se debe de contar con todos los permisos municipales del distrito, el cual deberá dar

la aprobación de los trabajos a realizar. Para esto, la empresa operadora emite un documento a la municipalidad en donde se detalla la ubicación del área donde se realizarán los trabajos, la longitud en metros del canalizado, la fecha y hora de inicio y fin de las obras, y el seguro (SCTR) del personal que ejecutará las obras.

Como parte del proceso inicial de canalización fue necesario cortar o romper el pavimento con un ancho de 45 cm y una profundidad de 120 cm.

Después de cavar las zanjas y retirar la tierra, tomando todas las precauciones necesarias, se instalaron las tuberías necesarias para realizar el recorrido subterráneo. Estas tuberías llegarán en mecha hasta el poste designado en el plano de obras civiles. En la Figura 24 se puede observar la reposición del canalizado en PCA y la llegada en mecha de las tuberías del canalizado, el cual servirá para que el cable de fibra pueda subir desde el canalizado hasta la parte alta del poste, y con esto poder continuar con el recorrido de forma aérea.



Figura 24. Reposición de canalizado en PCA y llegada de tubería a poste instalado
Fuente: Optical Networks, 2020

Este proceso se realizó de igual forma en las tres secciones de canalización proyectada a lo largo de la Av. Santo Domingo de los Olleros. Los planos diseñados del segundo y tercer tramo de canalización se detallan en el Anexo 4.

2.4.1.2.3 Despliegue de Fibra Óptica

Cuando ya se finalicen todos los trabajos de obras civiles, se procede a realizar el despliegue del cableado de fibra óptica. El cual, para este proyecto se consideró un cable de fibra de 48 Hilos tipo Monomodo de marca ZTT (ADSS 48 SM-Span 100), cuyas especificaciones técnicas se describen en el Anexo 2.

- Consideraciones previas al tendido

Debido al material de construcción de la fibra óptica, es importante que el cable siempre deba manipularse con mucho cuidado. Estos se pueden romper fácilmente si se ignoran las técnicas de manipulación adecuadas. En algunos casos, la cubierta del cable puede parecer completamente normal, lo que dificulta su localización si no se dispone de instrumentos especiales como un OTDR.

- Creación de Caja de empalme

Como proceso inicial del tendido se realizó la creación de una caja de empalme mediante la reserva de fibra óptica ubicada en poste. Lo que implicó realizar el sangrado y fusión a las fibras ópticas según lo determinado para el enlace nodo - cliente. Cabe mencionar que el cable de Fibra comprendido en la reserva, tiene continuidad desde el nodo proveedor hasta dicha reserva ubicada en poste, y se utilizará 1 solo hilo de fibra para la habilitación del servicio. Este hilo de fibra será fusionado con 1 de los 48 filamentos del nuevo cable que se está desplegando.

En la Figura 25, se visualiza la creación de la caja de empalme tipo Mondragón. En donde se realizó el sangrado de cable y las fusiones necesarias para la habilitación del servicio.



Figura 25. Instalación de Mufa Mondragón y fusiones en la fibra óptica
Fuente: Optical Networks, 2020

- Tendido de fibra Óptica

Una vez concluida la instalación de la caja de empalme se procede a realizar el tendido del cable proyectado. Este cable iniciará su recorrido desde la caja de empalme creada, apoyándose en los postes instalados y la canalización construida.

El proceso de instalación del cableado fue realizado entre el 06 de febrero al 11 de febrero de 2020, y fue ejecutada por la contratista ST PROYECTOS ESPECIALES EIRL.

En la Figura 26 se observa la instalación del tendido de fibra óptica en los postes ya instalados. En la imagen izquierda se muestra el acondicionamiento en poste de la caja de empalme creada, adicionalmente se puede observar en la parte derecha la instalación del cableado en el poste instalado número 11.



Figura 26. Acondicionamiento de mufa en poste e instalación de cableado de fibra óptica
Fuente: Optical Networks

Todo este trabajo se realizó desde la caja de empalme creada hasta las instalaciones del cliente, recorriendo entre los 15 postes que se instalaron y la canalización construida a lo largo de la Av. Santo Domingo de los Olleros.



Figura 27. Despliegue del cableado de fibra óptica en postes instalados
Fuente: Optical Networks

En la parte izquierda de la figura 27 se puede observar la instalación del cableado realizado en el poste instalado número 15, ubicado en la fachada de la empresa cliente, en donde se dejó una reserva temporal para posteriormente continuar con el tendido interno.

En la parte derecha se observa la continuación del cableado que fue instalado en los postes de alumbrado ubicados en el interior del inmueble. Estos postes sirvieron para continuar el recorrido aéreo hacia el cuarto de comunicaciones del cliente.

Las siguientes imágenes muestran el recorrido interno que se realizó para llegar hasta la sala de comunicaciones de la empresa Fundación Chilca S.A.



Figura 28. Recorrido interno del cableado de fibra óptica
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 28 se muestra el tendido interno mediante el apoyo en postes de alumbrado pertenecientes a la empresa cliente. Estos dan acceso hacia la azotea de la edificación donde se encuentra la sala de comunicaciones.



Figura 29. Llegada de cableado de F.O. hacia cuarto de comunicaciones
Fuente: Elaboración propia

El cable de fibra óptica llega hasta el cuarto de comunicaciones mediante las tuberías existentes y tuberías instaladas por la contratista que realiza el tendido, tal y como se muestra en la Figura 29.

Una vez llegado hasta el gabinete, la terminación del cableado de fibra llega hasta una roseta óptica, que es acondicionada de igual forma dentro del gabinete. En el interior de dicha roseta se realizará la fusión del hilo de fibra que tiene la continuidad desde el nodo, con un pigtail de fibra que llegará hasta el acoplador interno de la roseta.

Luego de la fusión de estos dos hilos, se conecta un patchcord en el acoplador externo, que permitirá conectar desde su otro extremo con un media converter. Este dispositivo transformará las señales ópticas en señales eléctricas.



Figura 30. Roseta óptica y media converter instalados.
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 30 se muestra la caja de terminación del cableado de fibra o roseta óptica (color blanco). En el cual como se mencionó, se partirá con un Patchcord de fibra hacia el media converter instalado. La señal eléctrica transformada por el media converter será transmitida a través de un cable UTP que irá conectado directamente con un router, para luego ser configurado según los requerimientos del cliente.

2.4.1.3 Cálculo de atenuación total del enlace

Para asegurar que el enlace (nodo - cliente) esté en buenas condiciones de atenuación, se calculó la pérdida teórica según las recomendaciones ITU-T G. 652 D (11/2016).

La atenuación de una sección de cable viene dada por:

$$A = \alpha_n \cdot L_n + a_s \cdot x + a_c \cdot y \quad (1)$$

α_n : Coeficiente de atenuación de la sección elemental del cable [dB/km]

L_n : Longitud de la fibra [km]

a_s : Pérdida media por empalme [dB]

x : Número de empalmes de la sección elemental del cable

a_c : Pérdida media por conector de línea [dB]

y : Número de conectores de la línea de la sección elemental del cable

Para el coeficiente de atenuación del cable " α_n ", se tomó en consideración el valor que da el fabricante del cable de fibra que se utilizará para el tendido (Ver Anexo 2). El cual indica que, a una longitud de onda de 1310 nm, la atenuación promedio por kilómetro del cable es de 0.36 dB/km y a una longitud de onda de 1550 nm será de 0.22 dB/km.

La longitud del cable de fibra " L_n " para todo el enlace (nodo - cliente) será de aproximadamente 3.00 km.

De acuerdo a las especificaciones ANSI/EIA/TIA-455, en las fibras monomodo se obtienen pérdidas típicas de 0,15 dB y un máximo de 0,3 dB al realizar el empalme mediante la técnica de fusión. Para el cálculo de las atenuaciones por empalme " a_s " se tomó el peor escenario que corresponde a los 0.3 dB.

El número de empalmes de la sección elemental del cable " x " corresponde al número de fusiones que realizaron en cada caja de empalme a lo largo de todo el trayecto del enlace (nodo - cliente), en este caso fue la cantidad de 4 fusiones.

Para la pérdida por conector “ a_c ” se toma referencia el tipo de conector SC, el cual cuenta con una pérdida de señal aproximada de 0.5 dB, y la cantidad de conectores “ y ” en el enlace será de 2 unidades (conector emisor y conector receptor).

Con los datos obtenidos y considerando las longitudes de onda de 1310nm y 1550nm, se procede a calcular la atenuación teórica total del enlace:

Para 1310nm:

$$A = 0.36dB/km \cdot 3.00km + 0.3dB \cdot 4 + 0.5dB \cdot 2 \quad (1)$$

$$A = 3.28dB \quad (2)$$

Para 1550nm:

$$A = 0.22dB/km \cdot 3.00km + 0.3dB \cdot 4 + 0.5dB \cdot 2 \quad (1)$$

$$A = 2.86dB \quad (2)$$

Por lo tanto, se obtiene que para una distancia de 3.0 km se obtendrá una atenuación total teórica de 3.28dB y 2.86dB para las longitudes de onda de 1310nm y 1550nm respectivamente. Teniendo en cuenta estos resultados se deberán realizar las mediciones del cable ya instalado, en donde el valor medido deberá de ser menor al resultado teórico obtenido. Esto para asegurar que la conexión esté en buenas condiciones.

2.4.1.4 Validación de la solución propuesta

Las mediciones básicas realizadas en un cable de fibra óptica, deben incluir lo siguiente: Por un filamento de fibra debe medirse la atenuación o pérdida del tramo con un OTDR, la longitud del cable y la atenuación de los empalmes.

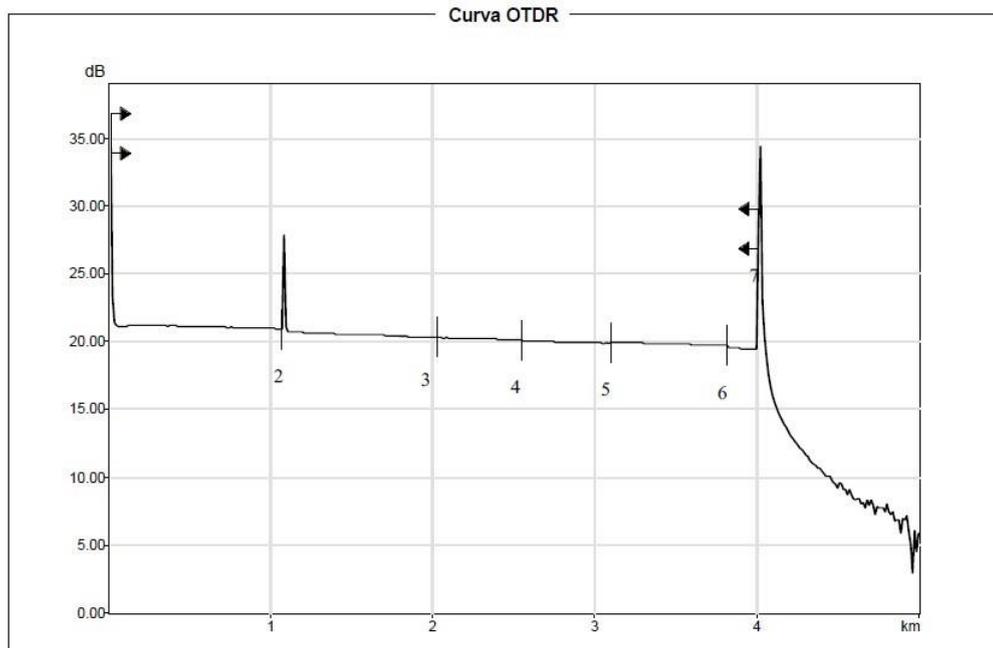
Para la fibra Monomodo, la atenuación debe medirse en las ventanas solicitadas por la supervisión de la operadora Optical Networks, utilizando una fuente de emisión láser. Las pruebas de medición se realizan en ambas longitudes de onda en una sola dirección para el hilo asignado. La medición será realizada según los estándares EIA/TIA-526-7. Se debe de utilizar un Patchcord de 2 metros como referencia y testeo.

La evaluación se basará en los datos especificados en la EIA/TIA-568-A anexo H, ON Fiber Link Performance Testing.

Todo cable debe ser medido con un OTDR para determinar las pérdidas en las fusiones y la longitud del cable instalado. Las pruebas de longitud con el OTDR deben de realizarse según el standard EIA/TIA-455-60. La medición utilizada para determinar la atenuación del empalme debe de ser acorde a las recomendaciones del fabricante y las mejores prácticas de la industria.

Una vez se tenga el OTDR debidamente calibrado se inyectará un pulso de luz, enviando esta señal mediante la línea de transmisión. Para esta emisión tenemos que especificar que la longitud de onda debe corresponder al diámetro del hilo, en este caso se trabajó con una fibra monomodo, para lo cual se realizarán las pruebas en la segunda ventana (1350 nm) y tercera ventana (1550 nm) de transmisión. Los datos mostrados en las Figuras 31 y 32 corresponden a las mediciones realizadas en el enlace Nodo - Cliente (Nodo Chilca 2. - Fundición Chilca S.A.)

- **Medición OTDR 1310nm desde Fundición Chilca hacia el nodo Chilca 2**



FUNDICION CHILCA S.A. - NODO CHILCA 2 - 1310.trc - Informe OTDR

Trabajo		Trabajo	
Trabajo	: MEDICION DE F.O.	Razón del trabajo	: CERTIFICACION DE F.O.
Contratista	: ST PROYECTOS ESPECIALES	Operador A	: CLIENTE
Cliente	: FUNDICION CHILCA S.A.	Operador B	: NODO
Fecha de la prueba	: 14/02/2020 (05:21:15 p.m.)	Archivo	: FUNDICION CHILCA S.A.-NODO CHILC..

Mediciones enlace		Mediciones enlace	
Pérdida del enlace	: 1.775 dB	Pérd. empalme prom.	: 0.061 dB
Longitud del enlace	: 4.0354 km	Pérd. empalme máx.	: 0.197 dB
Pérdida prom.	: 0.443 dB/km	ORL total	: <22.13 dB

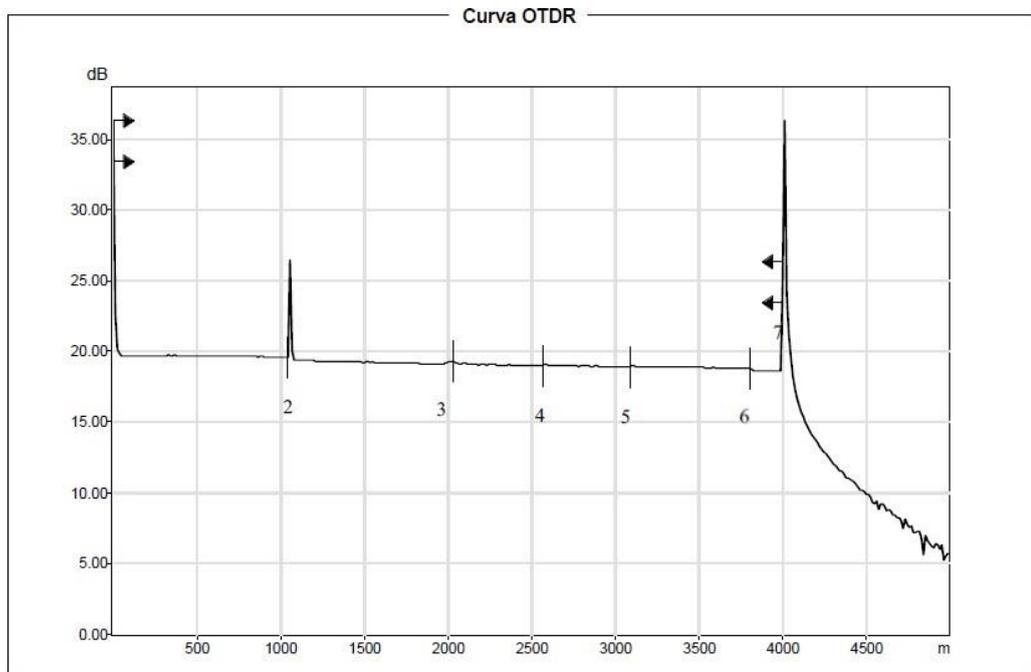
Figura 31. Curva OTDR y detalles de la medición - 1310nm

Fuente: Optical Networks, 2020

En la Figura 31 se detalla la traza (atenuación vs distancia) de la medición realizada en la ventana de 1310 nm. Se puede verificar las atenuaciones resultantes debido a los empalmes o fusiones que se encuentran en las mufas del enlace nodo – cliente (eventos 3 al 6), así como también los eventos de inicio y fin de fibra (2 y 7)

En la parte inferior se detallan los valores del enlace como las pérdidas por empalme, la pérdida total, la longitud total del enlace, etc. Por otro lado, se aprecia que existe una pérdida total de 1.775 dB en todo el enlace, el cual está dentro o por debajo de la atenuación calculada teóricamente. Esto implica que el hilo de fibra está en óptimas condiciones y por lo tanto está apto para operar.

- **Medición OTDR 1550nm desde Fundición Chilca hacia el nodo Chilca 2**



FUNDICION CHILCA S.A. - NODO CHILCA 2 - 1550.trc - Informe OTDR

Trabajo			
Trabajo	: MEDICION DE F.O.	Razón del trabajo	: CERTIFICACION DE F.O.
Contratista	: ST PROYECTOS ESPECIALES	Operador A	: CLIENTE
Cliente	: FUNDICION CHILCA S.A.	Operador B	: NODO
Fecha de la prueba	: 14/02/2020 (05:25:55 p.m.)	Archivo	: FUNDICION CHILCA S.A.-NODO CHILC..
Mediciones enlace			
Pérdida del enlace	: 1.175 dB	Pérd. empalme prom.	: 0.051 dB
Longitud del enlace	: 4.0350 km	Pérd. empalme máx.	: 0.157 dB
Pérdida prom.	: 0.243 dB/km	ORL total	: <21.13 dB

Figura 32. Curva OTDR y detalles de la medición - 1550nm

Fuente: Optical Networks, 2020

De igual forma se detalla en las Figura 32, los valores de atenuación medidos en la ventana de 1550nm, el cual presenta menores pérdidas a comparación con la segunda ventana (1310nm).

2.4.1.5 Valorización del diseño propuesto

Tabla 2. Presupuesto de materiales proyectado para la implementación

Cod.	Descripción	Und	Cantidad Suministros		Precio Unitario Soles	Total Costo Suministro
			Optical	Contrata		
A	TENDIDO					
	Longitud cable	Mts	-	1,074.10		
	Tendido aéreo	Mts	-	883.60		-
	Acceso Cliente	Mts	-	126.50		-
	Reserva Desarrollo	Mts	-	64.00		-
B	MATERIAL DE TENDIDO					
5125	Postes de 9 mts / 300	Und	15	-	320.00	4,800.00
6569	F. Optica ADSS 48 SM-Span 100	Mts	1074.10	-	3.24	3,481.16
0702	Hebilla Acerrada 1/2 Band-It	Und	50.00	-	0.80	40.00
0701	Cinta Band it (Fleje d/Acero 1/2)	Mts	40.00	-	2.94	117.59
0790	Portalineas con Aislador de Loza	Und	25.00	-	3.38	84.53
6976	Preformado 02 hilos FO48	Und	21.00	-	5.04	105.84
0705	Cinta Aislante Negra	Und	1.00	-	4.18	4.18
0682	Cintillo Negro (30 cm)	Und	17.00	-	0.10	1.72
1711	Etiqueta Identificadoras c/Logo	Und	18.00	-	0.62	11.16
	Total Materiales de Tendido Externo					8,646.17
C	MATERIAL DE ACCESO					
1239	Tornillo Autorroscante 1 x 10	Und	6.50	-	0.03	0.21
711	Tarugos PVC verdes	Und	6.50	-	0.03	0.21
748	Tubo PVC-SAP 1" x 3m	Mts	2.5	-	1.82	4.55
1316	Tubo Corrugado PVC 3/4"	Mts	4	-	0.61	2.44
3546	Bandeja Metálica Negra 1RU 45x32	Und	1	-	21.35	21.35
2234	Power Bar 8 Tomas c/Fusible	Und	1	-	42.71	42.71
	Total Materiales de Acceso					71.47
D	MATERIAL DE FUSION CLIENTE					
11850	Pig Tail SM-LC 1.5m	Und	1	-	16.15	16.15
1101	Protector Empalme Termoc. 1.2x60mm	Und	6	-	0.24	1.46
0738	Caja Empalme Optico Mondragón 128 Fu	Und	1	-	435.14	435.14
5292	Caja Term. Cliente (Roseta Optica)	Und	1	-	3.71	3.71
0684	Patch Cord 3m duplex LC/SC	Und	1	-	13.21	13.21
10397	Media Converter B 1H 10/100/1000	Und	1	-	85.39	85.39
10403	Transeiver Optico A 1H 1000B	Und	1	-	33.47	33.47
	Total Materiales de Fusión					588.52
	TOTAL MATERIALES				SI.	9,306.15

Fuente: Optical Networks, 2020

Tabla 3. Presupuesto de actividades proyectado para la implementación

Cod.	Descripción	Und	Cantidad	Precio Unitario Soles	Sub-Total Costo	Total Costo Soles
1 DISEÑO						
12153	INSPECCIÓN Y DISEÑO DE CLIENTE (HASTA	Km	2	180.00	360.00	
12154	Diseño de Planta Externa RED	km	0	180.00	-	
			-			
	Total de Diseño		-			360.00
			-			
2 PLANTA EXTERNA						
TENDIDO Y FUSION DE FIBRA OPTICA						
1E+09	Inst. Cable/Acometida de FO en	Mts	947.60	1.41	1,336.12	
12000	Inst. Cable/Acometida de FO en Fachada o	Mts	126.50	2.05	259.33	
12015	Inst. Tubo PVC en Columna/Pared/Zócalo	Mts	2.5	3.80	9.50	
12017	Inst. Tubo Flexible en Columna/Pared/Zócalo	Mts	4	3.30	13.20	
1E+09	Empalme de FO en Caja Terminal (Mufa)	Und.	6	15.00	90.00	
12021	Inst. Jumper/PigTail en Nodo/Cliente	Und.	1	12.80	12.80	
12022	Inst. Caja Term. Cliente (ROSETA OPTICA)	Und.	1	20.57	20.57	
1E+09	Manipulac. Caja Empalme o Mufa	Und.	4	40.00	160.00	
1E+09	Preparac. Cable FO p/Fusión en Cámara, Poste	Und.	2.00	50.00	100.00	
12033	Terminación Cable FO en Roseta	Und.	1	40.00	40.00	
			-			
	Total de Tendido y Fusión de Fibra Optica		-			2,041.51
			-			
3 EQUIPAMIENTO						
INSTALACION DE EQUIPOS						
12054	Inst. Equipos de Telecomunicaciones (incluye	Und.	1	134.22	134.22	
			-			
	Total de Instal. Equipos		-			134.22
			-			
4 OBRAS CIVILES						
POSTES Y ANCLAS						
401	Instal. c/Poste Adicional C° 9m (de 02 a 10)	Und.	15	350.00	5,250.00	
			-			
	Total de Postes y Anclas		-			5,250.00
			-			
5 CANALIZACION Y CAMARAS COMUNICACIONES						
430.a	Construc. Canaliz 01 vía 3" en Tierra	Mts	152.70	49.15	7,505.21	
430.j	Construc. Canaliz 01 vía 3" en Pista C° Asf.	Mts	7.50	128.35	962.63	
430.m	Vías Adicionales de 3" (NxCx8.8)	Vía	1	1409.76	1,409.76	
473	Reposición adicional de Asfalto / Recapeo	M3	0.45	800.00	360.00	
	Total de Canalización y Cámaras		-			10,237.59
			-			
	TOTAL MANO DE OBRA			S/.		18023.32

Fuente: Optical Networks, 2020

En las tablas 2 y 3 se calcula la inversión requerida en base a los costos establecidos por la operadora Optical Networks, para la compra de materiales, equipos y trabajos en la red externa que incluyen la construcción y despliegue del cable de fibra óptica.

2.5 Resultados

Después de la integración y verificación de todos los parámetros del enlace entre el nodo proveedor y el cliente, se pudo corroborar que las pruebas resultaron exitosas; optimizando de esta forma la red de comunicación de la empresa Fundación Chilca S.A.

Tomando en cuenta la poca infraestructura de red de operadores de telecomunicaciones en el lugar geográfico, la implementación de este proyecto traerá consigo beneficios financieros e institucionales a la empresa operadora, ya que le permitirá ampliar la capacidad para brindar servicios a nuevos clientes en la región donde se despliega este nuevo tendido.

En términos generales, los objetivos del proyecto se consiguieron básicamente mediante el análisis, planificación e implementación del tendido de fibra óptica, mediante la red de comunicaciones del operador Optical Networks.

CONCLUSIONES

1. Mediante el levantamiento de información e inspección técnica en campo se concluyó que se deberá de instalar la cantidad de 15 postes de apoyo y la construcción de 3 secciones de canalizado en el recorrido total de fibra óptica.
2. Se concluyó que la ruta diseñada en campo fue factible, ya que se pudo llevar a cabo la implementación total, tanto del tendido de fibra como el de obras civiles.
3. Se pudo garantizar la estabilidad y calidad del servicio implementado, mediante pruebas reflectométricas que fueron realizadas bajo los estándares definidos por el operador Optical Networks.
4. La fibra óptica como medio de transmisión proporciona un gran desempeño frente a otros tipos de enlaces, ya que es una tecnología confiable que se ha venido desarrollando a gran escala en los últimos años. El cual brinda una mayor estabilidad de interconexión, ya que presenta una atenuación o pérdida de potencia muy baja.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario el uso de un odómetro para el levantamiento de información en campo, ya que permitirá determinar y medir con exactitud la distancia de separación entre postes de apoyo, proyección de canalizados, y la longitud total de fibra óptica. Por consiguiente, realizar una correcta cotización mediante los datos obtenidos.
2. Para llevar a cabo la visita técnica, es necesario un personal con experiencia en el diseño de planta externa, el cual deberá realizar el levantamiento de información en el lugar geográfico y proponer la mejor ruta de tendido.
3. Es recomendable realizar un tendido por canalización cuando existan obstáculos aéreos como líneas de media y alta tensión.
4. Antes, durante y después de la implementación es necesario realizar inspecciones preventivas para verificar el estado de la ruta.
5. Es recomendable tener cuidado al realizar las fusiones en la fibra óptica, ya que cumplen un papel fundamental con respecto a la perdurabilidad del enlace. Un mal empalme en la fibra óptica podría permitir el ingreso de humedad, y por consiguiente generar pérdidas por atenuación de señal.

BIBLIOGRAFÍA

ANSI/TIA-758 (2012), Customer-Owned Outside Plant Telecommunications Infrastructure Standard.

Barrera Moreano, R. B. (2014). Red de fibra óptica con tecnología gpon para el mejoramiento los servicios “red de fibra óptica con tecnología gpon para el mejoramiento los servicios de telecomunicaciones de la empresa puntonet sa en la ciudad de ambato.

Boquera, M. C. E. (2005). Comunicaciones ópticas: conceptos esenciales y resolución de ejercicios. Ediciones Díaz de Santos.

Contreras, V. A. (2005), Enlace de fibra óptica como respaldo al anillo SDH de la red urbana de CANTV.

Gutiérrez Villagómez, E. G. (2014). Estudio de factibilidad para la implementación de una red de fibra óptica entre Desaguadero y Moquegua.

Hinojosa Gómez, L. C. (2007). Tópicos selectos de fibra óptica.

López Polo, E. D. (2016). Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en Coishco (Ancash).

Normas Internas de Instalación de Cables de Comunicación, Luz del Sur (2001), Anexo 3, Procedimiento de instalación de cables de comunicación.

Pachas Matias, M. J. Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino.

Rivas, S. B. (2013). Caracterización polarimétrica de fibras ópticas monomodo. Maestría en Optomecatrónica, CIO, León Gto.

Vela, R. N. (1999). Líneas de transmisión. McGraw-Hill

Thyagarajan, K. S., & Ghatak, A. (2007). Fiber optic essentials(Vol. 10). John Wiley & Sons.

ANEXOS

Anexo 1: Especificaciones técnicas de postes de concreto Optical Networks

DETALLE DE INSTALACION DE POSTE ENTERRADO
SECCION - VISTA CORTE INSTALACION
ESC. 1/25

ESPECIFICACIONES TECNICAS

LONGITUD TOTAL L1 (m)	CARGA DE TRABAJO F (Kg/cm2)	DIAMETRO (mm)				PUESTA A TIERRA A (pes)	EMPOTRAMIENTO		PESO APROXIMADO (Kg)
		EXTERIOR		INTERIOR			INST. BASE L2 (m)	INSP. Y PRUEBA L3 (m)	
		CIMA a pe (mm)	BASE a be (mm)	CIMA a pi (mm)	BASE a bi (mm)				
9	300	150	285	40	155	0,60	1,20	1,40	650

NORMA DE FABRICACION NTP 339027 - 2008 POSTES DE CONCRETO ARMADO PARA LINEAS AEREAS

ESPECIFICACIONES TECNICAS - PINTADO

BASE DE POSTE - PINTURA ANTICORROSIVA IGOL :

- NORMA: ASTM-D-4479
- COLOR: NEGRO
- ASPECTO: PASTA SUAVE UNIFORME
- DENSIDAD: 1,05 - 1,15 kg/lit APROX.
- TEMPERATURA DE APLICACION: 5°C o +40°C
- SECADO AL TACTO: 60 min. max.
- COLOR: NEGRO
- DENSIDAD: 50 min. %

ROTULADO Y CIMA DE POSTE - PINTURA CONTRA TRAFICO

- SATINADO VISCOSIDAD FORD 4 25° C: 120/130 seg.
- COLOR CIMA: NARANJA (205,105,40)
- COLOR ROTULADO: NEGRO
- PESO ESPECIFICO: 123/L27 Kg/L
- BRILLO M. GLOSS 60°: 45 / 50 unidades brillo
- TIEMPO DE SECADO MAXIMO: 4 hrs. 25°C 50% HRA
- RENDIMIENTO TEORICO: 8 o 12 m2/litro
- TEMPERATURA DE APLICACION: 10° C / 35° C
- PARA APLICACION: LIJAR CEPILLAR EL POLVO, APLICAR UNA MANO DE SELLADORES SINTETICO, O FONDO SINTETICO BLANCO, DEJAR SECAR Y APLICAR ESMALTE SINTETICO.
- DILUYENTE: AGUARRAS MINERAL, DILUYENTE PARA SINTETICO THINNER

Anexo 2: Especificaciones técnicas de cable de fibra de 48 Hilos ZTT (ADSS 48 SM-Span 100)



1. General

1.1 Scope

This listed specification covers the design requirements and performance standard for the supply of optical fiber cable in the industry. It also includes ZTT premium designed cable with optical, mechanical and geometrical characteristics.

Cable type	Application
OFC-12/24/48G.652D-FGSA-S1	Self-supporting aerial installation cable

1.2 Cable Description

ZTT cable possesses high tensile strength and flexibility in compact cable sizes. At the same time, it provides excellent optical transmission and physical performance.

1.3 Quality

Excellent quality control is achieved through intense in-house quality check and stringent audit acceptance by ISO 9001.

1.4 Reliability

Initial and periodic product qualification tests for performance and durability are performed rigorously to ensure product reliability.

1.5 Reference

The cable which ZTT offered are designed, manufactured and tested according to international standards as follows:

IEC 60793-1	Optical fiber Part 1: Generic specifications
IEC 60793-2	Optical fiber Part 2: Product specifications
IEC 60794-4-20	Optical fiber cables-Part 4-20: Aerial optical cables along electrical power lines-Family specification for ADSS(All Dielectric Self Supported) optical cables
ITU-T G.650	Definition and test methods for the relevant parameters of single-mode fibers
ITU-T G.652	Characteristics of a single-mode optical fibre and cable
EIA/TIA 598	Color code of fiber optic cables

2. Optical Fiber

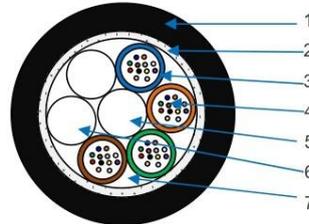
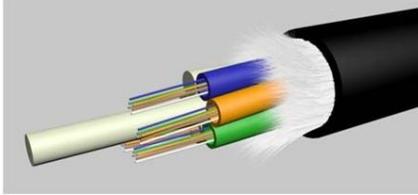
The optical fiber is made of high pure silica and germanium doped silica. UV curable acrylate material is applied over fiber cladding as optical fiber primary protective coating. The detail data of optical fiber performance are shown in the following table.

G.652D Fiber

Category	Description	Specifications	
		Before cabling	After cabling
Optical Specifications	Attenuation @1310 nm	≤0.34 dB/km	≤0.36 dB/km
	Attenuation @1550 nm	≤0.20 dB/km	≤0.22 dB/km
	Zero Dispersion Wavelength	1300~1324 nm	
	Zero Dispersion Slope	≤0.092 ps/nm ² ·km	
	PMD (Polarization Mode Dispersion)	≤0.2 ps/√km	
	Cable Cutoff Wavelength (λ_{cc})	≤1260 nm	
	Macro bending Loss (100 turns; Φ 50 mm) @1550 nm (100 turns; Φ 50 mm) @1625 nm	≤ 0.05 dB ≤ 0.10 dB	
	Mode Field Diameter @1310 nm	9.2±0.4 μ m	
Dimensional Specifications	Cladding Diameter	125 ±1 μ m	
	Core/clad concentricity error	≤0.6 μ m	
	Cladding Non-Circularity	≤1.0%	
Mechanical Specifications	Proof stress	≥0.69Gpa	

3. CABLE STRUCTURE

3.1 Cable Type: OFC-12/24/48G.652D-FGSA-S1



Picture is only for reference

Technical Characteristics

- The unique extruding technology provides the fibers in the tube with good flexibility and bending endurance
- The unique fiber excess length control method provides the cable with excellent mechanical and environmental properties
- Multiple water blocking material filling provides dual water blocking function
- provides good crush resistance

Construction :

1. Outer sheath(PE)
2. Strength member (Glass yarns)
3. Loose tube
4. Fiber and jelly
5. Center Strength Member (FRP)
6. Filler
7. Cable jelly

Dimension and Properties

Physical	Fiber count	12 G.652D	24 G.652D	48 G.652D
	No of loose tube / filler	3/3	4/2	4/2
	Fiber No. per tube	4	6	12
	Outer sheath thickness	Nom 1.5mm		
	Cable OD	9.9mm±5%		
	Cable weight	82kg/km±15%		
	Operation temperature range	-40 deg C to + 70 deg C		
	Installation temperature range	-10 deg C to + 60 deg C		
Mechanical	Transport and storage temperature range	-40 deg C to + 70 deg C		
	Max. tensile load	Short term: 2000N; long term: 600N		
	Crush resistance	1000 N/10cm		
	Minimal installation bending radius	20 x OD		
	Minimal operation bending radius	10 x OD		

Color code scheme:

Fiber color	blue	orange	green	brown	gray	white	red	black	yellow	violet	pink	aqua
Tube color	blue	orange	green	brown	/	/	/	/	/	/	/	/

Anexo 3. Consideraciones de la concesionaria Luz del Sur para la instalación de cables de comunicación

OSIPTEL FOLIOS
GPRC 47

6. NO ESTÁN PERMITIDOS LOS CRUCES DE CABLES DE COMUNICACION CON LINEAS DE ALTA TENSION 60 KV. Y 220 KV.

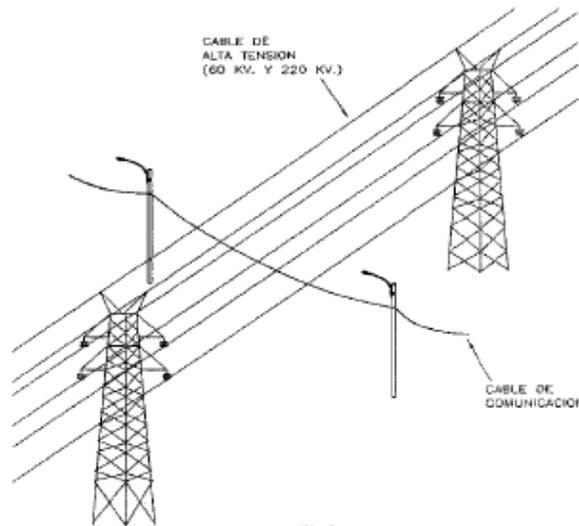


FIG. 6

7. NO ESTA PERMITIDO LA INSTALACION DE CABLES DE COMUNICACION EN POSTES DE M.T.

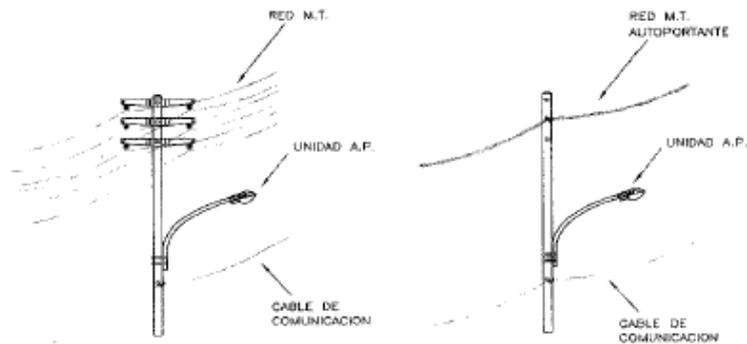


FIG. 7

PROCEDIMIENTO PARA INSTALACION DE CABLES DE COMUNICACION EN POSTES DE A.P. y/o S.P.

Modif. Técnico V. E. Rev.



LUZ DEL SUR

NORMA DE DISTRIBUCION

LI-3-020

13 de 14

Anexo 4. Planos de Obras civiles - segundo y tercer tramo de canalización

