

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

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



**“IMPLEMENTACIÓN ÓPTICA PARA MEJORAR EL TRÁFICO DE RED,
ENTRE LOS DISTRITOS DE SAN ISIDRO Y MIRAFLORES”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ALTAMIRANO MEJIA, JOSÉ LUIS

Villa El Salvador

2017

Dedicado a mi familia, quienes con sus palabras de aliento, siempre me encaminan para seguir adelante y cumplir con mis metas.

Agradezco a mi Universidad, por darme la oportunidad de pertenecer a ella, a los docentes que me brindaron sus conocimientos y sobre todo a mis compañeros ya que gracias a ellos, han aumentado mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

ÍNDICE

	PÁG.
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	14
1.2. Justificación del Problema.....	16
1.3. Delimitación del Proyecto.....	16
1.4. Formulación del Problema.....	17
1.5. Objetivos.....	17
1.5.1. Objetivo General.....	17
1.5.2. Objetivo Específico.....	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	18
2.2. Base teórica.....	20
2.2.1. Definición de telecomunicaciones.....	20
2.2.2. Fibra Óptica.....	21
2.2.3. Ventajas Principales De La Fibra Óptica.....	22
2.2.3.1. Ventajas Adicionales.....	25
2.2.4. Desventajas De La Fibra Óptica.....	26
2.2.5. ¿De Qué Están Hechas Las Fibras Ópticas?.....	27
2.2.6. Tipos De Fibra Óptica.....	28
2.2.6.1. Modo Simple (Monomodo).....	28

2.2.6.2. Multimodo.....	29
2.2.7. Funcionamiento De La Fibra Óptica.....	32
2.2.8. Equipos De Medición De fibra Óptica.....	33
2.2.8.1. OTDR.....	33
2.2.8.2. OLTs.....	35
2.2.9. Cálculo de La Pérdida en un Enlace de Fibra Óptica.....	36
2.2.10. Atenuación De La Fibra Óptica.....	37
2.2.10.1. Factores Propios.....	37
2.2.10.2. Factores Externos.....	38
2.2.11. Atenuador De Fibra Óptica.....	39
2.2.11.1. Atenuadores Fijos.....	40
2.2.11.2. Atenuadores Variables (Voa).....	40
2.2.12. Características Generales De Los Atenuadores.....	41
2.2.13. Reducción del Nivel de Potencia Óptica en la Fibra.....	42
2.2.13.1. Conector Fc Para Fibra Óptica Monomodo Y Multimodo.....	42
2.2.13.1.1. Características y Especificaciones técnicas.....	43
2.2.13.2. Conector Lc Para Fibra Óptica Monomodo Y Multimodo.....	45
2.2.13.2.1. Características y Especificaciones técnicas.....	45
2.2.13.3. Conector Sc Para Fibra Óptica Monomodo Y Multimodo.....	47
2.2.13.3.1. Características.....	47
2.2.14. Acopladores.....	49
2.2.15. Aplicaciones De La Fibra Óptica.....	49
2.2.16. Diferencias y Ventajas en Fibra Óptica Sobre El Cable De Cobre.....	52

2.2.16.1. Transmisión de Datos a Alta Velocidad.....	52
2.2.16.2. Mejor Ancho De Banda.....	52
2.2.16.3. Evita Interferencias.....	53
2.2.16.4. Mejor Calidad de Vídeo y Sonido.....	53
2.2.16.5. Seguridad de Red.....	53
2.2.17. Fibra Óptica Oscura.....	53
2.3. Marco Conceptual.....	55
2.3.1. Comunicación Por Fibra Óptica.....	55
2.3.2. Enlaces De Datos De Fibra Óptica.....	56
2.3.3. Analógico O Digital.....	57
2.3.3.1. Tranceivers o Módulos Ópticos.....	58
2.3.4. Fuentes para Transmisores Ópticos.....	59
2.3.5. Receptores Ópticos.....	62
2.3.6. Componentes de Transmisión Óptica para Aplicaciones Especiales.....	63
2.3.6.1. Multiplexación por División de Longitud de Onda.....	63
2.3.6.2. Repetidores y Amplificadores Ópticos.....	64
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN ÓPTICO INICIAL.....	66
3.1. Análisis de comunicación óptica inicial entre ambos distritos.....	70
3.2. Análisis de la nueva implementación óptica entre los distritos de Miraflores y San Isidro.....	71
3.2.1. Criterios técnicos para la nueva implementación óptica.....	73
3.2.2. Selección de los distritos para la nueva red de fibra óptica.....	74

3.2.3. Selección de Equipos de Transmisión y de Gestión.....	74
3.2.4. Implementación de la nueva red de comunicación óptica.....	75
3.2.5. Topología lógica y física de la nueva red de fibra óptica.....	82
3.2.6. Análisis De Costo.....	84
3.3. Simulación y cuadro comparativo de parámetros del enlace.....	86
3.4. Revisión y Consolidación de resultados.....	89
4. CONCLUSIONES.....	91
5. RECOMENDACIONES.....	92
6. BIBLIOGRAFÍA.....	94
7. ANEXOS.....	96

ANEXOS

ANEXO 01	PÁG.
7.1. Equipo De Transmisión Marca Huawei 6800 - 3800.....	96
7.2. Equipo De Transmisión Marca Huawei.....	99
7.3. Especificaciones Técnicas De Fibra Óptica Interna.....	102
7.4. Especificaciones Técnicas De Fibra Óptica Externa.....	105
7.5. Ruta de la Fibra Óptica externa entre el Distrito de San Isidro y Miraflores.....	107
7.6. Equipos De Transmisión En Marca Huawei.....	109
7.7. Pruebas De Los Parámetros Del Enlace Óptico.....	110
 ANEXO 02	
Figura A.1. Equipo De Transmisión Marca Huawei 6800.....	96
Figura A.2. Equipo De Transmisión OSN 8800 Huawei.....	99
Figura A.3. Ruta de la Fibra Óptica Externa entre el Distrito de San Isidro y Miraflores.....	107
Figura A.4. Data Center Miraflores.....	108
Figura A.5. Data center San Isidro.....	108
Figura A.6. Enlace óptico entre los distritos de Miraflores y San Isidro.....	108
Figura A.7. Cuadro comparativo de los equipos de transmisión Huawei.....	109
Figura A.8. Potencia.....	110
Figura A.9. Dispersión.....	110

Figura A.10. Relación Señal Ruido Óptico OSNR.....	111
Figura A.11. Dispersión Por Modo De Polarización PMD.....	111

LISTA DE FIGURAS

	PÁG.
Figura 1.1. Telecomunicaciones.....	20
Figura 1.2. Fibra óptica.....	21
Figura 1.3. Cable estándar de la fibra óptica.....	27
Figura 1.4. Descripción de la fibra monomodo.....	28
Figura 1.5. Modo de propagación de la fibra.....	29
Figura 1.6. Descripción de la fibra multimodo.....	29
Figura 1.7. Funcionamiento de la fibra óptica.....	33
Figura 1.8. Equipo de medición OTDR.....	34
Figura 1.9. Equipo de medición OLT.....	35
Figura 1.10. Clasificación de los atenuadores.....	41
Figura 1.11. Especificaciones para la fibra FC monomodo y multimodo.....	44
Figura 1.12. Especificaciones para la fibra SC monomodo y multimodo.....	46
Figura 1.13. Especificaciones para la fibra LC monomodo y multimodo.....	48
Figura 1.14. Aplicación de la fibra óptica en redes mundiales.....	50
Figura 1.15. Aplicación de la fibra óptica en telefonía.....	51
Figura 1.16. Comunicación en fibra óptica.....	55
Figura 1.17. Tranceivers o módulos ópticos.....	58
Figura 1.18. Gráfico de comparación entre el láser y el led.....	60
Figura 1.19. Gráfico de lanzamientos entre el láser y el led.....	61
Figura 1.20. Gráfico de recepción óptico.....	62
Figura 1.21. Amplificador Óptico.....	65

Figura 2.1. Diagrama del análisis del problema en la cobertura.....	69
Figura 2.2. Diagrama de la Comunicación por Fibra Óptica.....	69
Figura 2.3. Diagrama del Diseño de la Red de Fibra Óptica Actual.....	70
Figura 2.4. Tipos de Fibra Óptica.....	73
Figura 2.5. Implementación del Nuevo Enlace	77
Figura 2.6. Ruta del Enlace de Fibra Óptica.....	81
Figura 2.7. Topología Lógica de la red de Fibra Óptica.....	82
Figura 2.8. Topología Física de ambos Data Center.....	83
Figura 2.9. Simulación del Enlace Óptico.....	87
Figura 2.10. Gráfico y Parámetros del Tráfico de Red.....	88

LISTA DE TABLAS

	PÁG.
Tabla N°1 Especificaciones Estándar De Fuentes De Fibra Óptica.....	60
Tabla N°2 Planificación de la nueva implementación óptica.....	72
Tabla N°3 Puertos Asignados a los Equipos de Transmisión y Gestión.....	79
Tabla N°4 Análisis Económico.....	85
Tabla N°5 Optimización del Ancho de Banda en el Tráfico de Red.....	90

INTRODUCCIÓN

La importancia en transmisión de voz, datos y video a diferentes distancias a implicado un gran problema al aumentar su capacidad de envío, puesto que los enlaces cada vez demandan más cantidad de datos y si bien los equipos de transmisión tienen una cierta capacidad, éstos sólo funcionarían hasta corto plazo puesto que más adelante la demanda de envío de datos seguirá en aumento.

Los equipos de transmisión juegan un rol importante para el envío de información en cualquier operador, por ello es ideal, verificar la capacidad y trazar un lineamiento de recomendación para ver el transporte de información de aquí a 10 años, si hasta hace 5 años se hablaba de megabyte, ahora el envío es gigabyte, no obstante en Brasil ya se emplea el transporte en terabyte, por consiguiente es necesario concientizar, establecer y prevenir la exploración de nuevas tecnologías de forma que no se invierta de manera apresurada y no adecuada.

El presente proyecto implementa la alternativa de transmitir señales de voz, dato e imagen a grandes distancias usando como medio de transmisión la fibra óptica. El principal problema que se presenta en la transmisión de información, es el ancho de banda, con la fibra óptica se puede transmitir a gran distancia, con mejor capacidad y a alta velocidad.

La estructura de mi propuesta de investigación consta de tres capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, el segundo capítulo el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del sistema.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El avance de las Telecomunicaciones en el Perú en los últimos años, está representado por el aumento de la población en la adquisición de dispositivos tecnológicos, aumentando la capacidad de la transmisión de voz, datos y video y provocando a su vez, una problemática en el sistema de transmisión del mensaje en tiempo real.

Ante esto, los operadores han reaccionado. Telefónica acaba de anunciar inversiones por US\$3.000 millones hasta el 2020 y asegura que en lo que resta del año montarán un promedio de seis antenas al día. Ya tienen montadas 11.146 antenas, de las cuales 2.389 son para la red 4G, que atiende 2,4 millones de clientes. Claro, por su parte, llega a 10.051 antenas, de las cuales 2.600 son 4G: casi el doble que en el 2015.

The Perú Report 2015 precisa, además, el desarrollo de 21 proyectos regionales que agregarán 31.716 kilómetros de fibra óptica para conectar 6.411 localidades del interior del país. Menciona además la concesión de los cuatro primeros proyectos regionales (Apurímac, Ayacucho, Huancavelica y Lambayeque) y concluye indicando que estos nuevos proyectos de fibra óptica permitirán a los operadores de telecomunicaciones expandir sus negocios fuera de la capital.

Ante estos problemas, éste proyecto, amplía el ancho de banda de un equipo de transmisión, para el operador TelefonABC, optimizando su sistema de capacidad de transporte, permitiendo una adecuada distribución de la señal de voz, datos y video para los usuarios finales.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la alta demanda de los usuarios, en los distritos de Miraflores y San Isidro, se justifica el problema, en el deficiente ancho de banda utilizado para el transporte de datos de la zona, provocando caídas de red y/o pérdida de gestión, por consiguiente se brinda éste proyecto, implementando un nuevo sistema óptico, mejorando la capacidad de transporte de los distritos mencionados.

1.3. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

- **Conceptual:** Se centrará exclusivamente en la tecnología de fibra óptica y la aplicación que se le brinda en el enlace de dos ciudades.
- **Espacial:** El presente proyecto se realizará en el departamento de Lima, provincia de Lima y los distritos de San Isidro y Miraflores.
- **Temporal:** Comprende entre los periodos de Abril 2016 – Diciembre del 2016.

Es importante precisar, que el alcance del proyecto sólo se limita a la gestión, configuración e implementación del enlace.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Conforme va avanzando la tecnología en la transmisión de datos, nuestro país, aún no tiene la adecuada infraestructura a los problemas informáticos del futuro, a pesar de ya existir una tecnología de vanguardia favorable en temas de distribución de voz, dato e imagen, motivo por el cual me realizo la siguiente pregunta.

- ¿Qué tecnología se puede implementar, entre los distritos de San Isidro y Miraflores, para disminuir sus problemas de Tráfico de red?

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

- Optimizar la capacidad y transmisión de un equipo de Red, para aumentar su ancho de banda y mejorar su fluidez en sus comunicaciones.

1.5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Aplicar la tecnología de la Fibra Óptica, en una comunicación moderna y eficiente con sus principales aplicaciones, ventajas y compatibilidad en la Tecnología Digital.
- Transmitir información simultánea, a través de las aplicaciones del Led y/o Láser dentro del uso de la Fibra Óptica a grandes velocidades.
- Mejorar mediante el uso de la Fibra Óptica, la comunicación entre los distritos de San Isidro y Miraflores, reduciendo su tráfico de red de forma segura y a larga distancia.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A lo largo de mi investigación, se encontraron algunos trabajos similares que sirvieron de ayuda para la elaboración de mi proyecto de investigación, entre las cuales puedo citar las siguientes:

1. López P. E.(2016), Lima-Perú, en su tesis titulada: “Diseño de una red de Fibra Óptica para la Implementación en el Servicio de Banda Ancha En Coishco (Ancash)”, señala que:

“A través de los años los servicios multimedia, internet, televisión digital y telefonía necesitan mayor ancho de banda”. [5]

2. E. Gutiérrez (2014). Lima- Perú, en su tesis titulada: “Estudio de Factibilidad para la Implementación de una Red de Fibra Óptica entre Desaguadero y Moquegua”, señala que :

“Es factible mejorar el acceso de internet incrementando la inversión en infraestructura de interconexión, logrando disminuciones importantes en el precio de acceso de internet para la población”. [6]

3. J. Prieto Z. (2014). Madrid- España, en su tesis titulada: “Diseño de una red de acceso mediante Fibra Óptica”, señala que:

“Se ha demostrado que la tecnología de fibra óptica es apta para las crecientes demandas de servicios como internet de banda ancha, o televisión digital en alta definición”. [7]

4. L. Hinojosa (2007). Ciudad de México, en su tesis titulada: “Tópicos selectos de Fibra Óptica”, señala que:

“Las ventajas de la fibra óptica establecen un sistema de comunicación confiable y de gran capacidad a larga distancia, su aplicación se está extendiendo a la última milla. La fibra óptica es y representa un medio de comunicación con gran futuro”. [10]

2.2. BASE TEÓRICA

2.2.1. DEFINICIÓN DE TELECOMUNICACIONES

Las telecomunicaciones es la transmisión y recepción de señales electromagnéticas, que transporten información y que se comuniquen a corta o gran distancia, la nueva tecnología son importantes tanto en nuestra vida cotidiana como en las empresas e instituciones, pues mediante ellos podemos estar en conectados con el mundo. Ver Figura 1.1.

La capacidad de comunicarnos de forma inmediata es lo que ha llevado a las telecomunicaciones a evolucionar en infraestructura y tecnología.



Figura 1.1. Telecomunicaciones.

Fuente: http://www.udla.edu.ec/carreras/programas-academicos/pregrados/facultad_de_ingenieria

2.2.2. FIBRA ÓPTICA

La Fibra Óptica es un medio de transmisión capaz de brindar velocidades y distancias superiores, a las de cualquier otro medio de transmisión (cobre e inalámbricos). Son pequeños filamentos de vidrio, por el cual se mandan haces de luz de un punto a otro en distancias que van desde 1m hasta N kilómetros. [1]

Las señales que se transportan en la fibra óptica, son señales digitales de datos en forma de pulsos modulados de luz. Esta es una forma relativamente segura de enviar datos debido a que, a diferencia de los cables de cobre que llevan los datos en forma de señales electrónicas, los cables de fibra óptica transportan impulsos no eléctricos. Esto significa que el cable de fibra óptica no se puede pinchar y sus datos no se pueden robar.

Como referencia en la Figura 1.2. El cable de fibra óptica es apropiado para transmitir datos a velocidades muy altas y con grandes capacidades debido a la carencia de atenuación de la señal y a su pureza. [2]

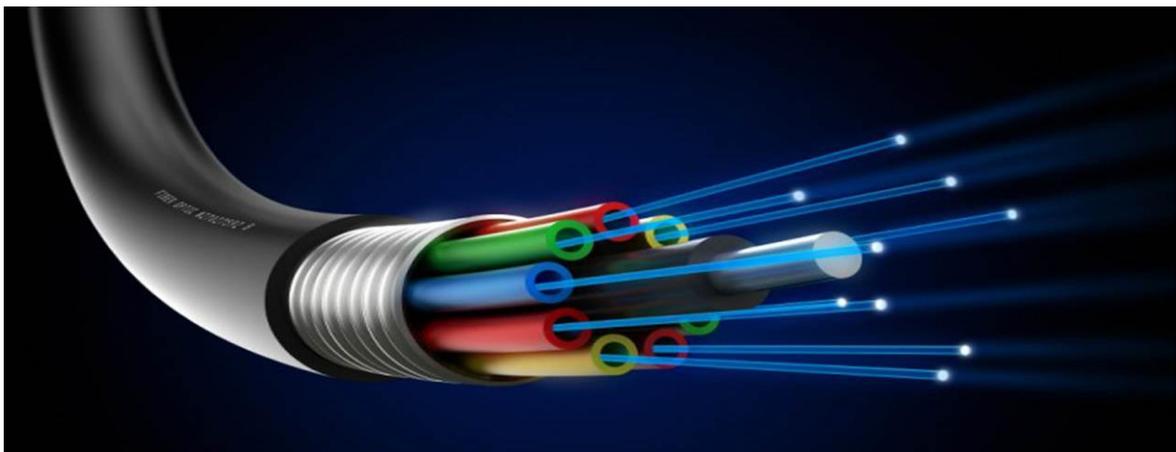


Figura 1.2. Fibra Óptica.

Fuente: <https://intelsegur.edu.pe/importancia-de-la-fibra-optica/>

2.2.3. VENTAJAS PRINCIPALES DE LA FIBRA ÓPTICA

- **GRAN CAPACIDAD:**

La fibra óptica tiene la capacidad de transmitir grandes cantidades de información, con la tecnología presente se pueden transmitir 60 000 conversaciones simultáneamente con dos fibras ópticas. Un cable de fibra óptica puede contener hasta 200 fibras ópticas, lo que incrementaría la capacidad del enlace a 240 000 000 de conversaciones.

La diferencia es notable cuando se compara con la capacidad de los cables convencionales: un gran cable multipar puede llevar 500 conversaciones, un cable coaxial puede llevar 10.000 conversaciones y un enlace de radio por microondas o satélite puede llevar 2.000 conversaciones.

- **TAMAÑO Y PESO:**

Un cable de fibra óptica tiene un diámetro mucho más pequeño y es más ligero que un cable de cobre de capacidad similar. Esto la hace fácil de instalar, especialmente en ubicaciones donde ya existen cables (tales como los tubos ascendentes de los edificios) y el espacio es escaso.

- **INTERFERENCIA ELÉCTRICA:**

La fibra óptica no se ve afectada por la interferencia electromagnética (EMI) o interferencia de radiofrecuencia (RFI), y no genera interferencia por sí misma.

Puede suministrar un camino para una comunicación limpia en el más hostil de los entornos EMI. Las empresas eléctricas utilizan la fibra óptica a lo largo de las líneas de alta tensión para proporcionar una comunicación clara entre sus estaciones de conmutación. La fibra óptica está también libre de conversaciones cruzadas. Incluso si una fibra radiara, no podría ser recapturada por otra fibra óptica. [3]

- **AISLAMIENTO:**

La fibra óptica es dieléctrica. Las fibras de vidrio eliminan la necesidad de corrientes eléctricas para el camino de la comunicación. Un cable de fibra óptica propiamente dieléctrico no contiene conductores eléctricos y puede suministrar un aislamiento eléctrico normal para multitud de aplicaciones. Puede eliminar la interferencia originada por las corrientes a tierra o por condiciones potencialmente peligrosas, causadas por descargas eléctricas en las líneas de comunicación, como los rayos o las faltas eléctricas. Es un medio intrínsecamente seguro que se utiliza a menudo donde el aislamiento eléctrico es esencial. [3]

- **SEGURIDAD:**

La fibra óptica ofrece un alto grado de seguridad. Una fibra óptica no se puede intervenir por medio de mecanismos eléctricos convencionales como conducción superficial o inducción electromagnética, y es muy difícil de pinchar ópticamente. Las señales de comunicación vía satélite o radio se pueden intervenir fácilmente para su decodificación. [1]

- **FIABILIDAD Y MANTENIMIENTO:**

La fibra óptica es un medio constante y no envejece. Los enlaces de fibra óptica bien diseñados son inmunes a condiciones adversas de humedad y temperatura e incluso se pueden utilizar para cables subacuáticos. El mantenimiento necesario para un sistema de fibra óptica es menor que el requerido para un sistema convencional, debido a que se utilizan pocos repetidores electrónicos en un enlace de comunicaciones; el cable no tiene cobre que se pueda corroer y causar pérdida de señales o señales intermitentes; además el cable no se ve afectado por cortocircuitos, sobretensiones o electricidad estática. [3]

- **EXPANSIÓN:**

Los sistemas de fibra óptica bien diseñados se pueden expandir fácilmente. Un sistema diseñado para una transmisión se puede interconectar con otras redes mediante la fusión o por empalme, facilitando la expansión de un lugar a otro.

- **REGENERACIÓN DE LA SEÑAL:**

La tecnología presente puede suministrar comunicaciones por fibra óptica más allá de los 70 Km. antes de que se requiera regenerar la señal, la cual puede extenderse a 150 Km. usando amplificadores láser. Futuras tecnologías podrán extender esta distancia a 200 Km. y posiblemente 1.000 Km. El ahorro en el costo de equipamiento del repetidor intermedio, así como su mantenimiento, puede ser sustancial. Los sistemas de cable eléctrico convencional pueden, en contraste, requerir repetidores cada pocos kilómetros. [3]

2.2.3.1. VENTAJAS ADICIONALES

- La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps.
- Acceso ilimitado y continuo las 24 horas del día, sin congestiones.
- Video y sonido en tiempo real.
- Fácil de instalar.
- Es inmune al ruido y las interferencias, como ocurre cuando un alambre telefónico pierde parte de su señal a otra.
- Las fibras no pierden luz, por lo que la transmisión es también segura y no puede ser perturbada.
- Carencia de señales eléctricas en la fibra, por lo que no pueden dar sacudidas ni otros peligros. Son convenientes para trabajar en ambientes explosivos.
- Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes.
- El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, capaz de llevar un gran número de señales.
- La materia prima para fabricarla es abundante en la naturaleza.
- Compatibilidad con la tecnología digital.

2.2.4. DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

- Sólo pueden suscribirse las personas que viven en las zonas de la ciudad por las cuales ya esté instalada la red de fibra óptica.
- El coste es alto en la conexión de fibra óptica, las empresas no cobran por tiempo de utilización sino por cantidad de información transferida al computador, que se mide en megabytes.
- El coste de instalación es elevado.
- Fragilidad de las fibras.
- Disponibilidad limitada de conectores.
- Dificultad de reparar un cable de fibras roto en el campo.
- La alta fragilidad de las fibras.
- Necesidad de usar transmisores y receptores más costosos.
- Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, especialmente en el campo, lo que dificulta las reparaciones en caso de ruptura del cable.
- No puede transmitir electricidad para alimentar repetidores intermedios.
- La fibra óptica no transmite energía eléctrica, esto limita su aplicación donde el terminal de recepción debe ser energizado desde una línea eléctrica. La energía debe proveerse por conductores separados.[4]
- Las moléculas de hidrógeno pueden difundirse en las fibras de silicio y producir cambios en la atenuación. El agua corroe la superficie del vidrio y resulta ser el mecanismo más importante para el envejecimiento de la fibra óptica.[4]

2.2.5. ¿DE QUÉ ESTÁN HECHAS LAS FIBRAS ÓPTICAS?

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre, con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente 43 kilómetros de fibra óptica. Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento, el núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz. [5]

Consiste en una o varias hebras delgadas de vidrio o de plástico y cuenta con revestimiento que es la parte que rodea y protege al núcleo.

El conjunto de núcleo y revestimiento está a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que lo resguardan contra la humedad, el aplastamiento, los roedores, y otros riesgos del entorno, tal y como se muestra en la Figura 1.3.

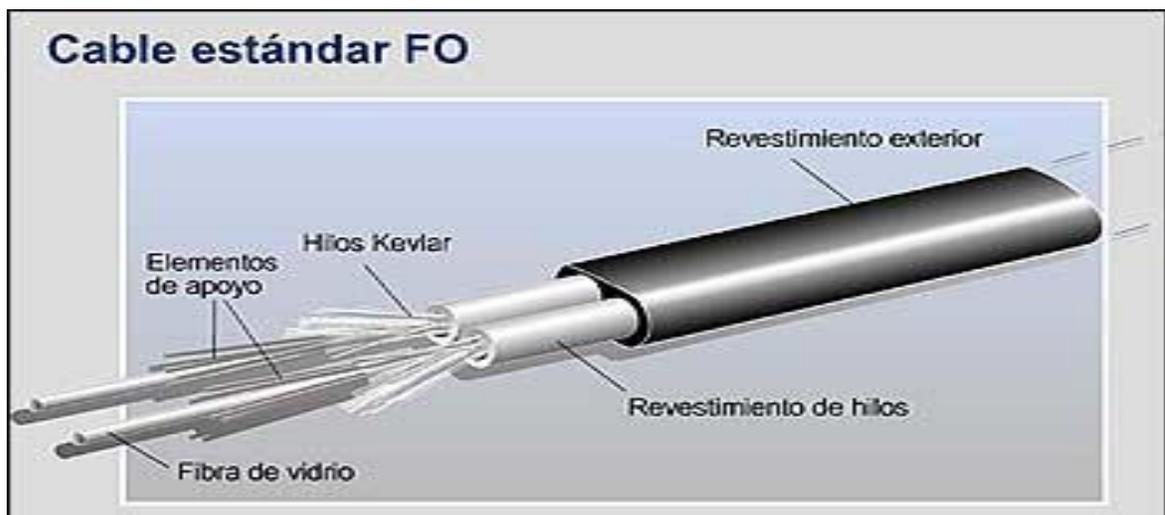


Figura 1.3. Cable Estándar de la Fibra Óptica.

Fuente: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.fibra-optica-aplicada-a-redes-industriales>.

2.2.6. TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

Las dos formas de transmitir sobre una Fibra son conocidas como transmisión en modo simple y multimodo.

2.2.6.1. MODO SIMPLE (MONOMODO)

Involucra el uso de una fibra con un diámetro de 5 a 10 micras. Esta fibra tiene muy poca atenuación y por lo tanto se usan muy pocos repetidores para distancias largas. Por esta razón es muy usada para troncales con un ancho de banda aproximadamente de 100 GHz por kilómetro (100 GHz-km). [6]

En la Figura 1.4. Muestra que una fibra monomodo se propaga con un solo modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación. Su transmisión es paralela al eje de la fibra. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias (hasta 400 km máximo, mediante un láser de alta intensidad) y transmitir elevadas tasas de información (decenas de Gbit/s). [6]

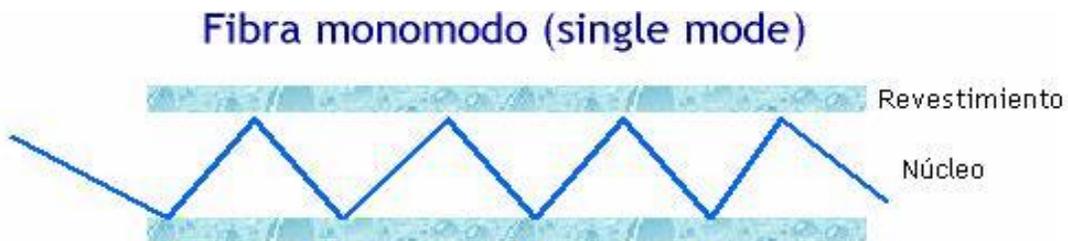


Figura 1.4. Descripción de la Fibra Monomodo.
Fuente: <https://www.debacher.de/wiki/Rechnernetze>

2.2.6.2. MULTIMODO

Existen dos Tipos para este modo los cuales son Multimodo/Índice fijo y Multimodo/Índice Gradual, ver Figura 1.5. El primer tipo es una fibra que tiene un ancho de banda de 10 a 20 MHz y consiste de un núcleo de fibra rodeado por un revestimiento que tiene un índice de refracción de la luz muy bajo, la cual causa una atenuación aproximada de 10 dB/Km, ver Figura 1.6. El cable mismo viene en dos tamaños 62.5/125 micras. Debido a que el diámetro exterior es de 1 mm, lo hace relativamente fácil de instalar y hacer empalmes. [6]

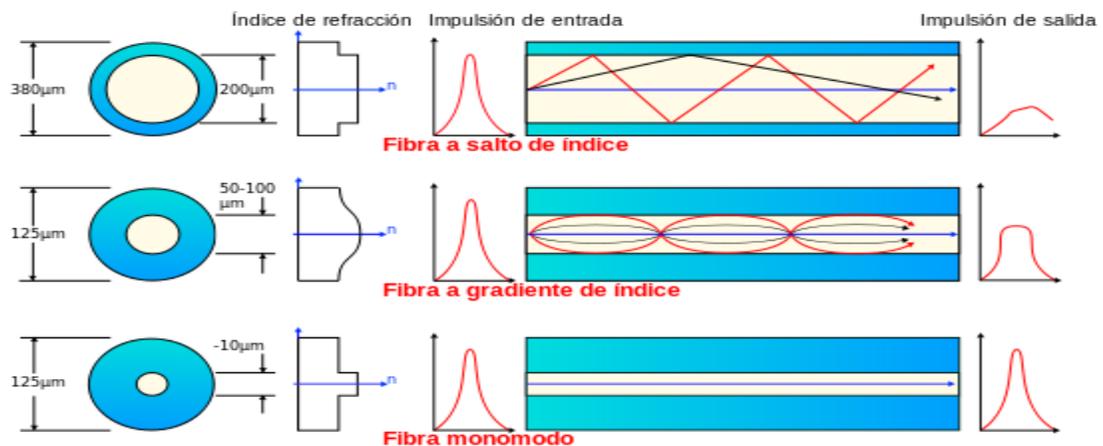


Figura 1.5. Modo de Propagación de la Fibra.

Fuente: <https://www.debacher.de/wiki/Rechnernetze>

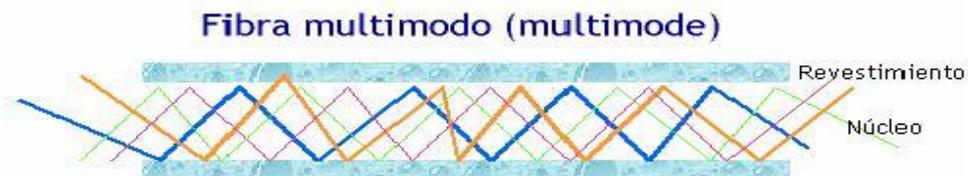


Figura 1.6. Descripción de la Fibra Multimodo.

Fuente: <https://www.debacher.de/wiki/Rechnernetze>

El segundo tipo Índice Gradual es un cable donde el índice de refracción cambia gradualmente, esto permite que la atenuación sea menor a 5 dB/km y pueda ser usada para distancias largas. El ancho de banda es de 200 a 1000 MHz el diámetro del cable es de 50/125 micras. (el primer número es el diámetro del núcleo y el segundo es el diámetro del revestimiento).

Los empalmes utilizados para conectar ambos extremos de las fibras causan también una pérdida de la señal en el rango de 1 dB. Así también los conectores o interfaces incurrir en pérdidas de 1 dB o más. Los haces de luz (LED) son transmitidos en el orden de 150 Mbps. El láser en cambio transmite en el orden de Gbps. Los LEDs son típicamente más confiables que el láser, pero el láser en cambio provee más energía a una mayor distancia. Debido a que el láser tiene una menor dispersión son capaces de transmitir a velocidades muy altas en el modo de transmisión simple. [6]

Una fibra multimodo es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino. Esto supone que no llegan todos a la vez. Una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 2 km, es simple de diseñar y económico.

El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción superior, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión.

Dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, tenemos dos tipos de fibra multimodo:

Índice escalonado: en este tipo de fibra, el núcleo tiene un índice de refracción constante en toda la sección cilíndrica, tiene alta dispersión modal.

Índice gradual: mientras en este tipo, el índice de refracción no es constante, tiene menor dispersión modal y el núcleo se constituye de distintos materiales. [4]

Además, según el sistema ISO 11801 para clasificación de fibras multimodo según su ancho de banda se incluye el +pichar (multimodo sobre láser) a los ya existentes OM1 y OM2 (multimodo sobre LED).

OM1: Fibra 62.5/125 μm , soporta hasta Gigabit Ethernet (1 Gbit/s), usan LED como emisores

OM2: Fibra 50/125 μm , soporta hasta Gigabit Ethernet (1 Gbit/s), usan LED como emisores

OM3: Fibra 50/125 μm , soporta hasta 10 Gigabit Ethernet (300 m), usan láser (VCSEL) como emisores.

2.2.7. FUNCIONAMIENTO DE LA FIBRA ÓPTICA

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o en luminosa, por ello se le considera el componente activo de este proceso. Una vez que es transmitida la señal luminosa por las minúsculas fibras, en otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina detector óptico o receptor, que consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original. [5]

El sistema básico de transmisión se compone en este orden, de señal de entrada, amplificador, fuente de luz, corrector óptico, línea de fibra óptica en el primer tramo, empalme, línea de fibra óptica en el segundo tramo, corrector óptico, receptor, amplificador y señal de salida.

Este proceso de comunicación, la fibra óptica funciona como medio de transportación de la señal luminosa, generado por el transmisor de LED'S (diodos emisores de luz) y láser.

Los diodos emisores de luz y los diodos láser son fuentes adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización. Además su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características atractivas. [5]

Como podemos ver en la Figura 1.7. Su funcionamiento se basa en transmitir por el núcleo de la fibra un haz de luz, tal que este no atraviese el revestimiento, sino que se refleje y se siga propagando.

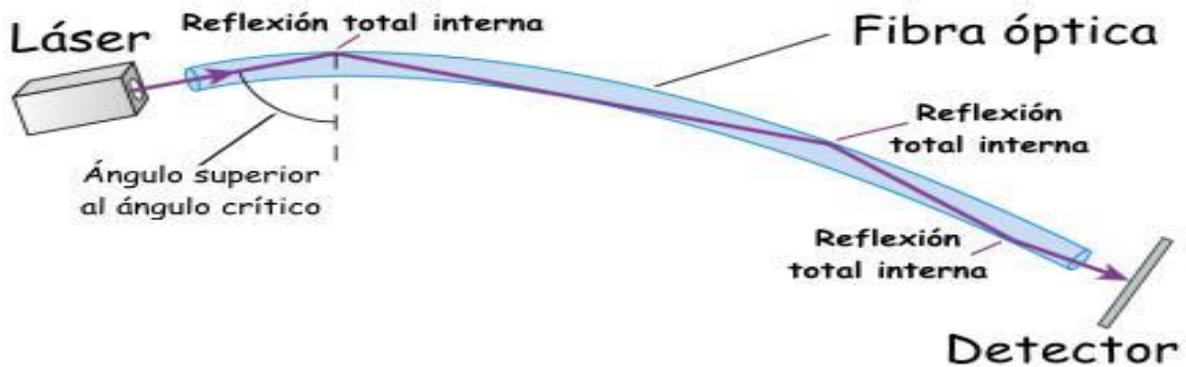


Figura 1.7. Funcionamiento de la Fibra Óptica.

Fuente: <https://mgmdenia.wordpress.com/2014/01/12/fibra-optica/>

2.2.8. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE FIBRA ÓPTICA

2.2.8.1. OTDR

Para obtener una representación visual de las características de atenuación de una fibra óptica a lo largo de toda su longitud, se utiliza un reflectómetro óptico en el dominio en tiempo (OTDR) que dibuja esta característica en su pantalla de forma gráfica, mostrando las distancias sobre el eje X y la atenuación sobre el eje Y.

A través de esta pantalla se puede determinar información tal como la atenuación de la fibra, las pérdidas en los empalmes, las pérdidas en los conectores y la localización de las anomalías.

El ensayo mediante el OTDR, es el único método disponible para determinar la localización exacta de las roturas de la fibra óptica en una instalación de cable óptico ya instalado y cuyo recubrimiento externo no presenta anomalías visibles. Es el mejor método para localizar pérdidas motivadas por empalmes individuales, por conectores, o por cualquier anomalía en puntos concretos de la instalación de un sistema. Permite determinar si un empalme está dentro de las especificaciones o si es necesario rehacerlo. [1]

Cuando está operando el OTDR envía un corto impulso de luz a través de la fibra y mide el tiempo requerido para que los impulsos reflejados retornen de nuevo al OTDR. Conociendo el índice de refracción y el tiempo requerido para que lleguen las reflexiones, el OTDR calcula la distancia recorrida por el impulso de luz reflejada.[1]. Ver Figura 1.8.



Figura 1.8. Equipo de Medición OTDR.

Fuente: <http://www.fiberinstrumentsales.com/exfo-otdr-sm-mm-850-1300-1310-1550-27-26-36-34db-sc-apc.html>

2.2.8.2. OLTs:

OLTs por sus siglas en inglés (Optical Loss Testers) es un set de equipos de medición de redes ópticas, compuesto por un medidor de potencia y una fuente de luz. La fuente de luz nos da una potencia promedio, la cual viajará a través de la F.O. perdiendo potencia en todo el trayecto. [1]

El medidor de potencia nos muestra la atenuación generada por conectores, dobleces, curvaturas, empalmes y cualquier otro desperfecto que tenga la fibra, generando el valor de la pérdida de señal (Atenuación) medida tanto en dBm como en dB. Ver Figura 1.9.



Medición de pérdida con un OLTS:



EIA / TIA 568 límites
De conectores X 0.75dB
N ° de empalmes X 0.3dB
KM de fibra X 3.75dB
Presupuesto en dB
límites de aplicación

- 1 Gb = 3.56 dB & 500 Mtrs
- 10 Gb = 2.6 dB & 300 Mtrs
- 40 Gb = 1.9 dB & 150 Mtrs



Figura 1.9. Equipo de Medición OLT.

Fuente: <http://lcp.co.nz/category/equipment-hire/>

2.2.9. CÁLCULO DE LA PÉRDIDA EN UN ENLACE DE FIBRA ÓPTICA

Para calcular la pérdida estimada de un enlace, es necesario saber la atenuación (dB/Km) que nos da el fabricante. También dependerá mucho de que fibra se esté usando MM o SM. En caso de no conocer la atenuación por kilómetro de la fibra, se podrá tomar el valor que nos da ANSI. Si es Fibra MM trabajando a 850nm (Longitud de Onda) la atenuación por kilómetro será de 3.5 dB/Km, si trabaja a 1300nm (longitud de Onda) la atenuación será de 1.5 dB/Km. [1]

Si la fibra es SM tomaremos los siguientes valores, 1.0 dB/Km si la fibra es instalada en Planta Interna y 0.5 dB/Km si la fibra es instalada en Planta Externa.

Paso 1.- Multiplicar la longitud del cable por la atenuación del fabricante o de ANSI

Ejemplo: 800mts de fibra MM a 850nm ANSI - 3.5dB/Km

$$0.8\text{km} \times 3.5\text{dB/Km} = 2.8\text{dB}$$

Paso 2.- Multiplicar la atenuación de cada conector dentro del enlace (por hilo) 1 par de conectores es igual a un Acoplador, un acoplador tiene un valor de 0.5dB

Ejemplo: 2 conectores ST; 2 ST = 1 Acoplador = 0.5dB

Paso 3.- sumar los Empalmes mecánicos o por fusión que se encuentren dentro del enlace.

Ejemplo: 3 Empalmes por Fusión; 1 empalme = 0.3dB

$$3 \times 0.3\text{dB} = 0.9\text{dB}$$

Paso 4.- hay que agregar un margen de reparación (dependiendo de la distancia y condiciones de instalación) aquí se pueden agregar 1 o 2 dB de margen, contemplando alguna reparación extra en la instalación

Paso 5.- Sumar todos los valores Paso 1 + Paso 2 + Paso 3 + Paso 4 = Atenuación del Cableado Pasivo

2.2.10. ATENUACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA

Significa la disminución de potencia de la señal óptica, en proporción inversa a la longitud de fibra. La unidad utilizada para medir la atenuación en una fibra óptica es el decibel (dB).

La atenuación de la fibra se expresa en dB/Km. Este valor significa la pérdida de luz en un Km. Los factores que influyen en la atenuación se pueden agrupar en dos.

2.2.10.1. FACTORES PROPIOS

Podemos destacar fundamentalmente dos.

Las pérdidas por absorción del material de la fibra, son debido a impurezas tales como iones metálicos, níquel variado (OH)- , etc. ya que absorben la luz y la convierten en calor. El vidrio ultra puro usado para fabricar las fibras ópticas es aproximadamente 99.9999% puro. Aun así, las pérdidas por absorción entre 1 y 1000 dB/Km son típicas. [7]

Las pérdidas por dispersión (esparcimiento) se manifiestan como reflexiones del material, debido a las irregularidades microscópicas ocasionadas durante el proceso de fabricación y cuando un rayo de luz se está propagando choca contra estas impurezas y se dispersa y refleja. Dentro de estas pérdidas tenemos

Pérdidas por difusión debido a fluctuaciones térmicas del índice de refracción.

- Imperfecciones de la fibra, particularmente en la unión núcleo-revestimiento, variaciones geométricas del núcleo en el diámetro
- Impurezas y burbujas en el núcleo
- Impurezas de materiales fluorescentes

Pérdidas de radiación debido a micro curvaturas, cambios repetitivos en el radio de curvatura del eje de la fibra

2.2.10.2. FACTORES EXTERNOS

El principal factor que afecta son las deformaciones mecánicas. Dentro de estas las más importantes son las curvaturas, esto conduce a la pérdida de luz porque algunos rayos no sufren la reflexión total y se escapan del núcleo.

Las curvas a las que son sometidas las fibras ópticas se pueden clasificar en macro curvaturas (radio del orden de 1cm o más) y micro curvaturas (el eje de la fibra se desplaza unas decenas de micra sobre una longitud de unos pocos milímetros). [7]

2.2.11. ATENUADOR DE FIBRA ÓPTICA

El uso de los atenuadores, ayuda a optimizar el funcionamiento de los equipos ópticos, ya que proporcionan estabilidad y una señal más clara de la transmisión. Un atenuador óptico es un elemento importante en un enlace óptico, dependiendo de las aplicaciones, los atenuadores también ayudan a delimitar y atenuar la cantidad de luz que pasa a través de él en un nivel exacto, adecuándose a las necesidades de su proyecto para tener la mejor señal de comunicación controlada.

[1]

Los atenuadores para fibra óptica son dispositivos para disminuir el nivel de una señal, ofrecen una cubierta ionizada que reduce la intensidad de señal mientras que pasa a través del atenuador. Este método de atenuación permite un mejor rendimiento en comparación a los empalmes atenuados o de fibras compensadas, que funcionan absorbiendo la señal.

El atenuador es un excelente dispositivo de polarización, se aplica para obtener una mejor calidad de señal con la capacidad de regular altas señales y ser estable. Su diseño de tipo hembra/macho, permite conectarse directamente al equipo receptor, proporcionando valores estables sin afectar la longitud de onda de la señal. Existen atenuadores que su gama de atenuación va de 1dB hasta 40dB y son compatibles con los conectores ST, FC, LC, SC y MU. [8]

Los atenuadores ópticos son los componentes pasivos que pueden reducir la energía óptica que se propaga a través de una fibra óptica. Existen dos categorías de atenuadores, los fijos y variables:

2.2.11.1. ATENUADORES FIJOS:

Consiste en reducir una energía óptica por una cantidad fija de atenuación, sin embargo, son a menudo indeseables pues los valores disponibles en el comercio de la atenuación, aproximan solamente la atenuación exacta requerida y/o se requieren de diversos atenuadores fijos valorados.

2.2.11.2. ATENUADORES VARIABLES (VOA):

Cuando no se sabe el nivel de atenuación que se necesita, se utilizan atenuadores variables, los cuales ayudan a determinar de manera precisa el valor de atenuación que requiere el equipo receptor.

Al contrario de los atenuadores fijos, los atenuadores variable (VOA) tienen la capacidad de atenuar una señal óptica por una cantidad variada de atenuación.

Un atenuador óptico variable es un dispositivo diseñado para atenuar una intensidad o un nivel de señal de entrada de manera controlada, para producir una señal óptica de salida con diversas intensidades de atenuación. Los atenuadores ópticos variables se forman comúnmente de una estructura de bloqueo entre una guía de onda de entrada y una guía de onda de salida. [1]

2.2.12. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ATENUADORES:

Los atenuadores se clasifican de en los tipos de pulidos siendo FC,SC, ST, LC, MU, LC-APC, tal y como se muestra en la Figura 1.10. Manteniendo sus mismas características.

- No afecta la longitud de onda.
- Los niveles de atenuación se extiende de 1dB hasta 40 dB aproximadamente.
- Confiabilidad de pérdidas mínimas de conexión.
- Garantiza la continuidad de la señal.
- Corrige la intensidad de la señal.
- Cuerpo metálico resistente a la corrosión.

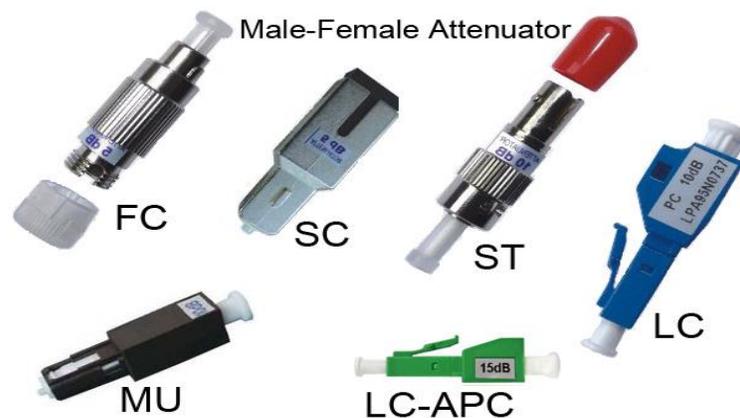


Figura 1.10. Clasificación de los atenuadores.

Fuente: <http://www.instaladoresdetelecomhoy.com/atenuadores/>

2.2.13. REDUCCIÓN DEL NIVEL DE POTENCIA ÓPTICA EN LA FIBRA

En numerosas aplicaciones, se hace necesario reducir el nivel de potencia óptica en la fibra. Los atenuadores ópticos conectorizados son un componente de fácil utilización e instalación y que permiten evitar los problemas derivados de un exceso de potencia, por ejemplo en enlaces muy cortos, donde pueden llegar a saturarse los receptores.

2.2.13.1. CONECTOR FC PARA FIBRA ÓPTICA MONOMODO Y MULTIMODO

Los conectores FC para fibra óptica son de simple instalación y fácil mantenimiento para redes ópticas. Su diseño ayuda a reducir el espacio en las conexiones, permitiendo conexiones sin discontinuidad óptica, además, es fácil de conectar o desconectar. Los conectores FC se pueden ensamblar en cualquier diámetro de cable (1.6mm, 2mm y 3mm).

El conector FC, cuenta con un mecanismo de fijación de tipo mecánico, por medio de rosca y guía de inserción. Este diseño previene el desalineamiento rotatorio. Son fabricados de acuerdo con los requerimientos de la norma Telecordia. El conector FC tiene un acabado de metal, lo cual lo hace más resistente, ideal para pulidos en acabado PC, UPC o APC. Están diseñados con férulas de cerámica de alta precisión anti rotación y resistentes a la corrosión, excelente para tener una alineación entre dos fibras, se adaptan a los estándares de color. [9]

2.2.13.1.1. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Características:

- Sistema de acoplación tipo Rosca
- Posee férula 2.5mm de cerámica de alta precisión
- Ofrece baja pérdida de inserción y retorno
- Conformidad con las especificaciones de Telecordia, ANSI/TIA/EIA, IEC
- Construcción en una sola pieza
- Cuerpo resistente de la corrosión (latón plateado níquel)

Especificaciones Técnicas:

A continuación se muestra la Figura 1.11, donde muestra las especificaciones para la fibra FC monomodo y multimodo.

Especificaciones generales		
Normas	Telecordia, ANSI/TIA/EIA	
Material	Cuerpo	Metálico resistente a la corrosión
	Férula	Cerámica de zirconia
	Bota	PVC flexible
Cuerpo	Metálico resistente a la corrosión, férula de 2.5mm, sistema de fijación mecánico.	
Férula	Material	Cerámica de zirconia
	Diámetro exterior	2.5mm
	Orificio interno	multimodo 127 μ m monomodo 125.5 μ m
Pulido	PC - UPC - APC	
Pérdida de inserción	Monomodo	
	Multimodo	
Pérdida de retorno	Monomodo	UPC \geq 55dB APC \geq 50dB
Durabilidad	Monomodo	
	Multimodo	
Bota	Fabricado de PVC para cable de 3mm, 2mm y 900 μ m	
	Multimodo	Negro
	Monomodo	Azul
	Monomodo APC	Verde
Datos adicionales	Temperatura	-40°C a 75°C
	Humedad	5% a 90%

Figura 1.11. Especificaciones para la fibra FC monomodo y multimodo.

Fuente: <http://fibremex.com/fibraoptica/index.php>

2.2.13.2. CONECTOR LC PARA FIBRA ÓPTICA MONOMODO Y MULTIMODO

Los conectores para fibra óptica LC, son de simple terminación, instalación y de fácil mantenimiento para redes ópticas. Los conectores LC tienen un diseño versátil que permite alinear el conector de manera sencilla al acoplador en altas densidades. Su mecanismo de acoplación tipo "Plug" se asegura al acoplador de manera rápida.

Las férulas de 1.25mm son fabricadas en cerámica de zirconia de alta precisión, ofreciendo una excelente alineación entre dos fibras. Su terminado puede ser de PC o UPC. [9]

2.2.13.2.1. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Características:

- Fabricado con los requerimientos de las normas: Telecordia y ANSI/TIA/EIA
- Sistema de acoplación tipo "Plug"
- Posee una férula de cerámica de alta precisión
- Acabado en plástico resistente
- Ofrece baja pérdida de inserción y retorno
- Ideal para un terminado PC o UPC
- Su diseño previene el deslizamiento y desconexiones

Especificaciones Técnicas:

A continuación se muestra la Figura 1.12, donde muestra las especificaciones para la fibra FC monomodo y multimodo.

Especificaciones generales		
Normas	Telecordia, ANSI/TIA/EIA	
Material	Cuerpo	Plástico resistente
	Férula	Cerámica de zirconia
	Bota	PVC flexible
Cuerpo	Plástico resistente, férula de 1.25mm, sistema de fijación tipo "Plug"	
	Multimodo	Beige
	Monomodo	Azul
	10G	Aqua
Férula	Material	Cerámica de zirconia
	Diámetro exterior	1.25mm
	Orificio interno	multimodo 127µm
monomodo 125.5µm		
Pulido	PC - UPC	
Pérdida de inserción	Monomodo	
	Multimodo	
Pérdida de retorno	Monomodo	≥ 55dB
	APC	≥ 70dB
Durabilidad	Monomodo	
	Multimodo	
Bota	Fabricado de PVC para cable de 3mm, 2mm y 900µm	
	Multimodo	Blanco-Aqua
	Monomodo	Blanco

Figura 1.12. Especificaciones para la fibra SC monomodo y multimodo.

Fuente: <http://fibremex.com/fibraoptica/index.php>

2.2.13.3. CONECTOR SC PARA FIBRA ÓPTICA MONOMODO Y MULTIMODO

El acoplador SC de Optronics, permite alinear con precisión los conectores SC, garantizando la continuidad de la fuente de luz de un extremo a otro. Los acopladores SC fijan y aseguran los conectores, evitando las desconexiones. Para alinear correctamente las férulas de los conectores, el acoplador utiliza mangas de bronce para multimodo y de cerámica para monomodo.

Estos conectores son fabricados de acuerdo con los requerimientos de las normas de Telecordia y ANSI/TIA/EIA-568.B.3. Están disponibles en simplex o dúplex y para conectores con terminado PC, UPC y APC. [9]

2.2.13.3.1. CARACTERÍSTICAS

Características:

- Fabricado conforme a los estándares de Telecordia y ANSI/TIA/EIA
- Permite la continuidad de la fuente de luz
- Cuerpo de plástico resistente
- Manga de cerámica y bronce
- Permite una alineación exacta entre dos fibras
- Instalación de simple encaje o atornillado

Especificaciones Técnicas:

A continuación se muestra la Figura 1.13, donde muestra las especificaciones para la fibra FC monomodo y multimodo.

Especificaciones generales		
Normas	Telecordia, ANSI/TIA/EIA	
Material	Cuerpo	Plástico
	Manga	Bronce/Cerámica
Cuerpo	Plástico resistente con guía de acero para la correcta alineación	
	Multimodo	Beige
	Monomodo	Azul
	APC	Verde
Manga	Multimodo	Bronce
	Monomodo	Cerámica de zirconia
Pérdida de inserción	Multimodo	PC $\leq 0.2\text{dB}$
	Monomodo	UPC $\leq 0.2\text{dB}$
		APC $\leq 0.2\text{dB}$
Variabilidad	$\leq 0.2\text{dB}$ típico	
Durabilidad	1000 inserciones	
Temperatura	-40°C a 75°C	
Humedad	5% a 90%	

Figura 1.13. Especificaciones para la fibra LC monomodo y multimodo.

Fuente: <http://fibremex.com/fibraoptica/index.php>

2.2.14. ACOPLADORES

Un acoplador es básicamente la transición mecánica necesaria para poder dar continuidad al paso de luz del extremo conectorizado de un cable de fibra óptica a otro. Pueden ser provistos también acopladores de tipo "Híbridos", que permiten acoplar dos diseños distintos de conector, uno de cada lado, condicionado a la coincidencia del perfil del pulido.

2.2.15. APLICACIONES DE LA FIBRA ÓPTICA

Un sistema de comunicaciones ópticas es una forma de transmitir información cuyo soporte básico es la luz. La información viaja en forma de luz a lo largo de dicho sistema.

- **INTERNET**

El servicio de conexión a Internet por fibra óptica, derriba la mayor limitación de este medio: La lentitud del trato de la información. La conexión de Internet mediante fibra aparte de ser mucho más rápida, no nos plantea un gran problema que sucede con el método convencional: caerse de la red continuamente. La fibra también nos resuelve en gran medida los problemas de masificación de interlocutores, aunque esto todavía no está totalmente resuelto. [10]

Nos permite trabajar con gran rapidez en entornos multimedia, tales como videos, sonidos, etc. Por ello las líneas telefónicas no son la única vía hacia el ciberespacio. Recientemente un servicio permite conectarse a Internet a través de la fibra óptica. Ver Figura 1.14.

- **REDES**

La fibra óptica ha ganado gran importancia en el campo de las redes de área local. Al contrario que las comunicaciones de larga distancia, estos sistemas conectan a una serie de abonados locales con equipos centralizados como ordenadores (computadoras) o impresoras.

Las computadoras de una red de área local están separadas por distancias de hasta unos pocos kilómetros, y suelen usarse en oficinas o campus universitarios. Una LAN (redes locales de información) permite la transferencia rápida y eficaz de información en el seno de un grupo de usuarios y reduce los costes de explotación.

Otros recursos informáticos conectados son las redes de área amplia (WAN, Wide Area Network) o las centralitas particulares (PBX). Las WAN son similares a las LAN, pero conectan entre sí ordenadores separados por distancias mayores, situados en distintos lugares de un país o en diferentes países; emplean equipo físico especializado y costoso y arriendan los servicios de comunicaciones. [10]



Figura 1.14. Aplicación de la Fibra Óptica en Redes Mundiales.

Fuente: <https://sites.google.com/site/telecomunicacionesredes/topologia>.

- **TELEFONÍA**

En este campo es en el que más se está extendiendo la fibra óptica. Actualmente, en todas las modernas ciudades se está introduciendo el sistema de fibra para el teléfono e Internet. La fibra nos permite una comunicación libre de interferencias, así como de posibilidad de boicoteo de la línea (tan común en las líneas de cobre). El sonido es mucho más nítido, y no hace falta, como en el resto de las telecomunicaciones por fibra el empleo de amplificadores de señal cada pocos kilómetros.[10]

Otra ventaja del teléfono mediante fibra óptica es la posibilidad de establecer conexión de Internet y teléfono al mismo tiempo y con tan solo una línea. Esto no sería posible en una línea de teléfono convencional debido a lo reducido de su ancho de banda para transmitir información. Ver Figura 1.15.



Figura 1.15. Aplicación de la Fibra Óptica en Telefonía.

Fuente: <http://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-423390752-cisco-6921>

2.2.16. DIFERENCIAS Y VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA SOBRE EL CABLE DE COBRE

La diferencia fundamental entre la fibra óptica y el cableado convencional se halla en el material en el que está fabricada. Hablamos de un hilo muy delgado de silicio fundido o vidrio que transporta las ondas de luz, mientras que el cableado estructurado se efectúa con alambre de cobre.

2.2.16.1. TRANSMISIÓN DE DATOS A ALTA VELOCIDAD

La velocidad de transmisión de datos por fibra óptica es mucho más rápida. Si en un sistema normal podemos alcanzar una velocidad máxima de apenas 100Mb/s, en uno de fibra óptica se ha llegado tradicionalmente a 10Gb por segundo cada vez surgen nuevas fórmulas para multiplicar su velocidad hasta varios terabytes. Al margen de la velocidad real, eso implica una conexión a Internet más rápida, una descarga de archivos grandes en pocos minutos, la posibilidad de hacer un backup online sin consumir demasiado ancho de banda, etc. [11]

2.2.16.2. MEJOR ANCHO DE BANDA

Con el ancho de banda nos referimos a la cantidad de información que se puede enviar en una misma unidad de tiempo. Si conectas muchos equipos a la vez a una red inalámbrica o red por cable, obtendrías mucha menor velocidad para cada uno, mientras que con la fibra podrías conectar más equipos sin ver limitadas tus opciones.

2.2.16.3. EVITA INTERFERENCIAS

A diferencia de las redes inalámbricas, bastante vulnerables a actividades comunes como encender un microondas o subir en ascensor, las redes por fibra óptica evitan las interferencias electromagnéticas, lo que evitará problemas de bajada de la velocidad, cortes de la conexión, cruce de conversaciones por teléfono, etc. [11]

2.2.16.4. MEJOR CALIDAD DE VÍDEO Y SONIDO

Si tu empresa quiere hacer tele-conferencias en tiempo real, la fibra óptica permite mejorar la calidad de los formatos de vídeo y sonido para que sus conversaciones telefónicas y sus grabaciones sean sin interferencias, ni cortes, además de una excelente calidad de imagen. [11]

2.2.16.5. SEGURIDAD DE RED

En una de fibra óptica el intrusismo se detecta con mucha facilidad, de modo que no resulta nada sencillo el robo o intervención en las transmisiones de datos.

2.2.17. FIBRA ÓPTICA OSCURA

Con este nombre se designa a la red que no se utiliza y que se alquila a otras empresas. La fibra oscura puede ser uno de los factores que haga posible la extensión de Internet como derecho universal.

Se emplea para conectar entre sí sedes de empresas y para crear redes auxiliares. Google emplea fibra oscura para enviar con menos coste la ingente cantidad de vídeos que se reproducen a diario a través de YouTube

Tal y como su nombre indica, es una fibra sin luz. Se trata, pues, de la fibra óptica “sin iluminar”, o lo que es lo mismo, instalada pero sin utilizar. Es decir, es la infraestructura que queda lista para que futuros clientes compren el ancho de banda y sobre ella abran paso a la tecnología que más les convenga.

Los tubos que se instalan bajo el suelo para transportar entre otras cosas fibra óptica, suelen tener una capacidad superior a la que la demanda de comunicaciones requiere. Resulta comprensible, pues, que las empresas operadoras al abrir las calles decidan dejar instalados “hilos” sin usar para no tener que volver a levantar los suelos cada vez que aumenta la demanda de conexiones. [11]

La mejor analogía es la de un embotellamiento de tráfico: si por una vía que comunica dos ciudades pasan muchos coches, al ampliar esa vía los vehículos circularán con más fluidez, e incluso podrán pasar por ahí más coches. En otras palabras, aumentarán la capacidad y la velocidad de la circulación.

De ahí esos conductos tan anchos que construyen y entierran las compañías, pues prevén que cada vez necesitaremos más capacidad y velocidad para transferir y conservar datos. Además, podrán hacer negocio al ofrecer a otros operadores sus infraestructuras.

2.3. MARCO TEÓRICO

2.3.1. COMUNICACIÓN POR FIBRA ÓPTICA

En la Figura 1.16. Observamos el proceso de comunicación mediante fibra óptica, implicando los siguientes pasos:

- Creación de la señal óptica mediante el uso de un transmisor;
- Transmisión de la señal a lo largo de la fibra, garantizando que la señal no sea demasiado débil ni distorsionada;
- Recepción de la señal, lo que consiste en la conversión de ésta en una señal eléctrica.

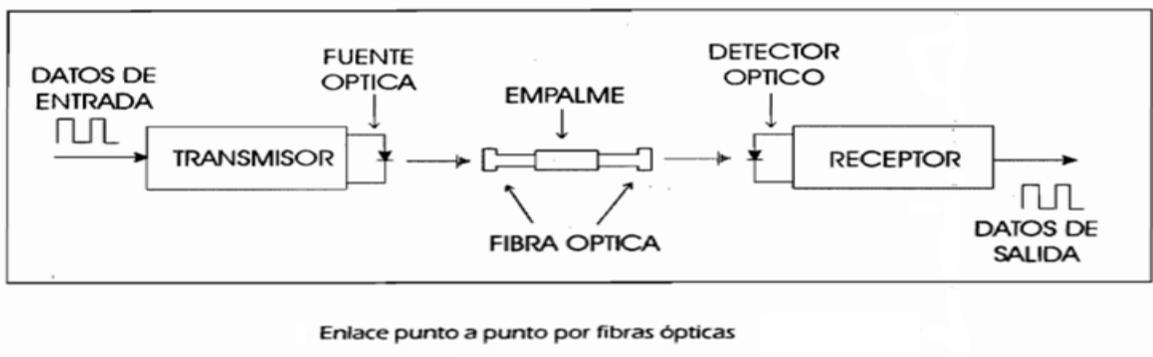


Figura 1.16. Comunicación en Fibra Óptica.

Fuente: <http://www.taringa.net/posts/info/14395474/Todo-lo-que-debes-saber-sobre-FIBRA-OPTICA.html>

La comunicación por fibra óptica es un método de transmisión de información de un lugar a otro enviando señales de luz a través de fibra óptica. La luz en forma de ondas electromagnéticas viajeras es modulada para transmitir información. Desarrollados en la década de 1970, los sistemas de comunicación de fibra óptica han revolucionado la industria de las telecomunicaciones y han desempeñado un papel importante en el advenimiento de la era de la información. [4].

2.3.2. ENLACES DE DATOS DE FIBRA ÓPTICA

Los sistemas de transmisión de fibra óptica utilizan un transmisor en un extremo de la fibra y de un receptor en el otro. La mayoría de los sistemas operan transmitiendo en una dirección a través de una fibra y en la dirección opuesta a través de otra fibra para así tener una transmisión bidireccional.

Una red FTTH óptica pasiva (PON) es el único sistema que utiliza transmisión bidireccional sobre una sola fibra porque su arquitectura de red ya utiliza acopladores como base. [12]

La mayoría de los sistemas utilizan un "transceiver" que incluye tanto un transmisor como un receptor en un sólo módulo. El transmisor toma un impulso eléctrico y lo convierte en una salida óptica a partir de un diodo láser o un LED. La luz del transmisor se acopla a la fibra con un conector y se transmite a través de la red de cables de fibra óptica. La luz del final de la fibra se acopla al receptor, donde un detector convierte la luz en una señal eléctrica que luego se acondiciona de forma tal que pueda utilizarse en el equipo receptor. [12]

2.3.3. ANALÓGICO O DIGITAL

Las señales analógicas son continuamente variables y la información contenida en ellas está en la amplitud de la señal con respecto al tiempo. Las señales digitales se muestrean a intervalos de tiempo regulares y la amplitud se convierte a bytes digitales, por lo tanto la información es un número digital.

Las señales analógicas son la forma más común de transmisión de datos, pero sufren degradación por el ruido presente en el sistema de transmisión. Debido a que la señal analógica se atenúa en un cable, la relación señal-ruido empeora y en consecuencia la calidad de la señal se degrada.

Las señales digitales pueden transmitirse en largas distancias sin que se degraden ya que son menos sensibles al ruido.

La transmisión de datos por fibra óptica puede ser analógica o digital, aunque es mayormente digital. Las redes informáticas y de telefonía son digitales, la televisión por cable actualmente es analógica pero está migrando a digital, y los sistemas de CCTV posiblemente también lo hagan. [12]

Tanto las transmisiones analógicas como las digitales tienen algunos parámetros comunes y diferencias importantes. Para ambos tipos de transmisión, el margen de pérdida óptica o el presupuesto de potencia óptica es lo más importante. Las transmisiones de datos analógicas se prueban mediante la medición de la relación señal-ruido para determinar el margen de enlace, mientras que las transmisiones digitales utilizan la tasa de bits erróneos para medir el rendimiento.

Ambas transmisiones deben probarse sobre todo el ancho de banda especificado para la operación; sin embargo, actualmente la mayoría de los enlaces son específicos para una aplicación de red, como CATV AM o monitores a color RGB para transmisiones analógicas y SONET, Ethernet o canal de fibra para transmisiones digitales.[12]

2.3.3.1. TRANCEIVERS O MÓDULOS ÓPTICOS

Generalmente, el diseño de los transceivers es estándar para que múltiples fuentes puedan conectarse al equipo de transmisión. Los módulos se conectan a un conector dúplex en un extremo óptico y a una interfaz eléctrica estándar en el otro extremo. Los transceivers reciben alimentación de los equipos en los que están integrados. Ver Figura 1.17.



Figura 1.17. Transceivers o Módulos Ópticos.

Fuente: <http://www.mercadoit.com/es/10-transceiver-cisco>

2.3.4. FUENTES PARA TRANSMISORES ÓPTICOS

Las fuentes utilizadas para transmisores ópticos deben cumplir con varios criterios: operar en la longitud de onda adecuada, ser pasibles de modularse lo suficientemente rápido para transmitir datos y poder acoplarse de forma eficiente a la fibra.

Comúnmente se utilizan cuatro tipos de fuentes: LED, láser fabry-perot (FP), láser de retroalimentación distribuida (DFB) y láser de cavidad vertical y emisión superficial (VCSEL). Todos ellos convierten las señales eléctricas en señales ópticas, pero son muy diferentes entre sí. [12]

Los tres son minúsculos dispositivos semiconductores (chips). Los LED y VCSEL se fabrican sobre pastillas de material semiconductor para que puedan emitir luz desde la superficie del chip, mientras que el láser F-P y DFB emiten luz desde el lateral del chip, desde una cavidad del láser creada en el medio del chip.

En la tabla N°1 tenemos las Especificaciones estándar de fuentes de Fibra Óptica, los LED muestran una potencia disponible mucho menor que el láser y su patrón divergente y amplio de salida de la luz hace que sea más difícil que se acoplen a las fibras, por lo que se pueden utilizar sólo con fibras multimodo. Los LED tienen un ancho de banda menor que el láser y su uso se limita a sistemas que operan a 250 MHz o 200 Mb/s aproximadamente. Por otro lado, el láser tiene una capacidad de ancho banda muy elevada, por lo que pueden ser útiles en 10 GHz o 10 Gb/s. [12].

Debido al método en el que son fabricados, los LED y VCSEL son más económicos. Especificaciones estándar de fuentes para fibra óptica

Tipo de dispositivo	Longitud de onda (nm)	Potencia dentro de la fibra (dBm)	Ancho de banda	Tipo de fibra
LED	850, 1300	-30 a -10	<250 MHz	multimodo
Láser Fabry-Perot	850, 1310 (1280-1330), 1550 (1480-1650)	0 a +10	>10 GHz	multimodo, monomodo
Láser DFB	1550 (1480-1650)	0 a +13 (+25 con amplificador óptico)	>10 GHz	monomodo
VCSEL	850	-10 a 0	>10 GHz	multimodo

Tabla N°1 Especificaciones estándar de fuentes de Fibra Óptica.

Fuente: <http://adondevaz.blogspot.pe/2015/07/sistema-de-telecomunicaciones.html>

Los LED tienen un ancho de banda limitado mientras que todos los tipos de láser son muy rápidos. Otra gran diferencia entre los LED y ambos tipos de láser es el espectro de emisión. Los LED tienen un espectro de emisión muy ancho, lo que provoca dispersión cromática en la fibra, mientras que el láser tiene un espectro de emisión angosto que causa muy poca dispersión cromática. Ver Figura 1.18.

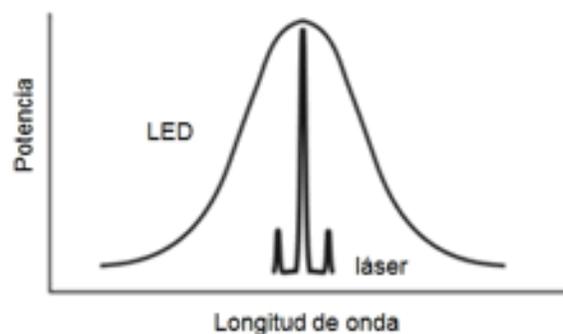


Figura 1.18. Gráfico de comparación entre el Láser y el Led.

Fuente: <http://www.thefoa.org/ESP/Sistemas.htm>

El láser DFB, que se utilizan en largas distancias y en los sistemas DWDM, tienen los anchos espectrales más angostos, lo que disminuye la dispersión cromática en las transmisiones de mayor distancia. Los láser DFB también son altamente lineales (es decir que la salida de la luz continúa directamente a la entrada eléctrica) por lo que pueden utilizarse como fuentes en sistemas CATV AM. [12]

La elección de estos dispositivos depende principalmente de la velocidad y de cuestiones de compatibilidad. Dado que muchos sistemas de planta interna que utilizan fibra multimodo han superado la velocidad de transmisión de bits de 1 Gb/s, los láser (mayormente los VCSEL) han reemplazado los LED. [12]

En la figura 1.19. Se observa que la salida de luz de los LED es muy dispersa; sin embargo, la del láser es muy localizada, y las fuentes llenan la fibra de forma diferente. El lanzamiento restringido del VCSEL o de cualquier otro láser proporciona un mayor ancho de banda efectivo de la fibra; sin embargo, la fibra optimizada para láser, generalmente la OM3, es la ideal para los láser.

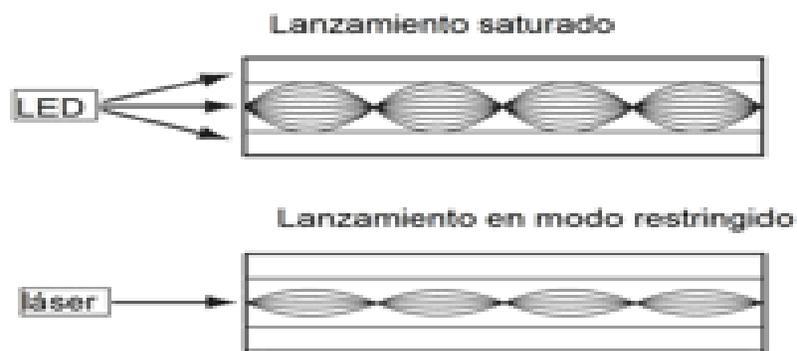


Figura 1.19. Gráfico de lanzamientos entre el Láser y el Led.

Fuente: <http://www.thefoa.org/ESP/Sistemas.htm>

2.3.5. RECEPTORES ÓPTICOS

Los receptores utilizan detectores semiconductores (fotodiodos o fotodetectores) para convertir las señales ópticas en señales eléctricas. Los fotodiodos de silicio se utilizan para enlaces de longitud de onda corta (650 para fibra óptica de plástico, y 850 para fibra multimodo de vidrio).

Generalmente, en los sistemas de longitud de onda larga se utilizan detectores de InGaAs (arseniuro de galio-indio) ya que tienen menor ruido que los de germanio, que hace que los receptores sean más sensibles. Ver Figura 1.20.

Los sistemas de muy alta velocidad a veces utilizan fotodiodos de avalancha (APD) que tienen mayor capacidad de ancho de banda que otros fotodiodos. Los APD se polarizan con alto voltaje para crear ganancia en el fotodiodo, lo que aumenta la sensibilidad y la capacidad de frecuencia. [12]

Estos dispositivos son más costosos y complicados de utilizar pero ofrecen ganancia significativa en la potencia.

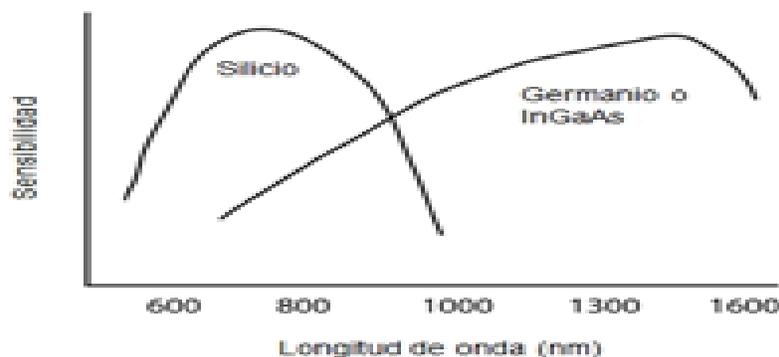


Figura 1.20. Gráfico de Recepción Óptica.

Fuente: <http://www.thefoa.org/ESP/Sistemas.htm>

2.3.6. COMPONENTES DE TRANSMISIÓN ÓPTICA PARA APLICACIONES ESPECIALES

2.3.6.1. MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA

Dado que la luz de las diferentes longitudes de onda no se mezcla en la fibra, es posible transmitir simultáneamente señales en diferentes longitudes de onda a través de una sola fibra. La fibra es económica, pero instalar nuevos cables puede ser costoso, por lo que utilizar fibras ya instaladas para transmitir más señales puede ser muy rentable.

La multiplexación por división de longitud de onda (WDM) se utilizó por primera vez con fibra multimodo en los comienzos de la fibra óptica, utilizando tanto 850 como 1310 nm en fibra multimodo. Actualmente, las redes de fibra monomodo pueden transportar señales a 10Gb/s en 64 longitudes de onda o más, lo que se conoce como multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM). Los sistemas de fibras multimodo que utilizan multiplexación por división de longitud de onda (WDM) han sido menos populares; sin embargo, algunos estándares utilizan multiplexación por división de longitud de onda ligera (CWDM) para transportar señales a velocidades mayores a 1 Gb/s sobre fibras multimodo optimizadas para láser. [4]

2.3.6.2. REPETIDORES Y AMPLIFICADORES ÓPTICOS

A pesar de que la fibra óptica tiene pérdidas bajas, lo que permite que la señal viaje cientos de kilómetros, para distancias extremadamente largas e incluso en cables submarinos, se necesitan regeneradores o repetidores para amplificar la señal periódicamente. Al principio, los repetidores consistían básicamente en un transmisor seguido de un receptor.

Este receptor convertía la señal de entrada óptica en una señal eléctrica, la limpiaba para eliminar todo el ruido posible y luego otro transmisor láser la retransmitía. Estos repetidores añadían ruido a la señal, consumían mucha energía y eran complejos, lo que significa que eran una causa de fallas.

Además, tienen que fabricarse para una velocidad de transmisión específica y si se desea realizar una actualización de la red, se deben reemplazar todos los repetidores.

En la figura 1.21 se observa como los amplificadores ópticos se utilizan para aumentar el nivel de señal en los sistemas de televisión por cable, los que requieren niveles de energía elevados en el receptor para mantener un rendimiento adecuado de la relación señal-ruido, lo que permite tendidos de cable de mayor distancia o bien el uso de divisores (splitters) para "emitir" una sola señal a través de un acoplador hacia muchas fibras, y así ahorrar el costo de transmisores adicionales.

[4]

En telefonía, los amplificadores de fibra se combinan con DWDM (multiplexación por división de longitud de onda densa) para sobrellevar las ineficiencias de los acopladores de DWDM para transmisiones de larga distancia.

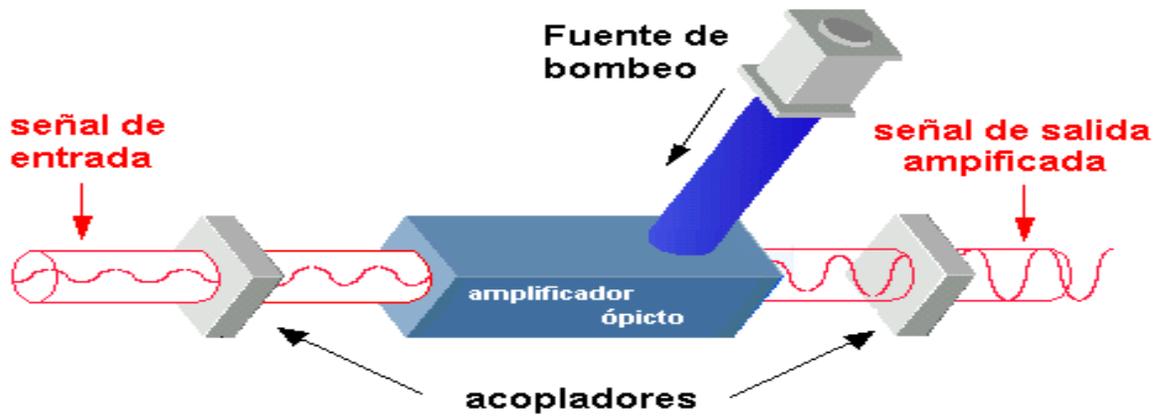


Figura 1.21. Amplificador Óptico.

Fuente: <http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/>

CAPÍTULO III

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN ÓPTICO INICIAL

La fibra se ha convertido en el medio ideal, para el uso de diverso tipo de comunicaciones, ya que mediante la fibra se ha mejorado notablemente la velocidad, calidad de los enlaces y han permitido el desarrollo de las redes informáticas y de los sistemas de comunicación.

Comparado con el sistema tradicional de cables de cobre, donde la atenuación de sus señales requieren de repetidores cada 2km para regenerar la transmisión, en el sistema de fibra óptica, se pueden instalar tramos de hasta 70 km. sin que haya necesidad de recurrir a repetidores, haciéndolo más económico y de fácil mantenimiento. [13]

El diseño actual del sistema óptico entre los distritos de San Isidro y Miraflores, tiene por desventaja inicial el problema del ancho de banda, ya que posee un enlace óptico con un ancho de banda no mayor a 10gb, altos índices de aparatos tecnológicos en la zona, instalaciones inadecuadas para el tráfico de red, ausencia de equipos adecuados para la ampliación, por ende se pretende realizar una amplitud óptica a fin de disminuir el tráfico de red de la zona. Ver Figura 2.1.

En ambos distritos ya cuentan con equipos de Gestión (Juniper T-4000) y Transmisión (Huawei 3500), sin embargo antes de cambiarlos, se realizó una prueba de maqueta en uno de los laboratorios del operador TelefonABC, con el único objetivo de verificar si el sistema de Transporte y de Gestión son compatibles ante el nuevo proyecto, de incremento del ancho de banda de 10Gb hacia 100Gb, dando buenos resultados, para el inicio del proyecto.

La conexión física entre ambos distritos cuenta con dos sistemas de tendido de fibra externa monomodo, una es utilizada como Backup y la otra como comunicación directa. Ambas despliegues fueron verificados y se realizaron pruebas dando positivo en el transporte de paquetes de hasta 100Gb. Debido a ello se mantuvo la misma comunicación directa sin necesidad de desplegar nueva fibras externas.

En la Figura 2.2. Se observa el proceso de comunicación, mediante fibra óptica implica los siguientes puntos importantes:

- Creación de la señal óptica mediante el uso de un transmisor;
- Transmisión de la señal a lo largo de la fibra, garantizando que la señal no sea demasiado débil ni distorsionada;
- Recepción de la señal, lo que consiste en la conversión de ésta en una señal eléctrica.

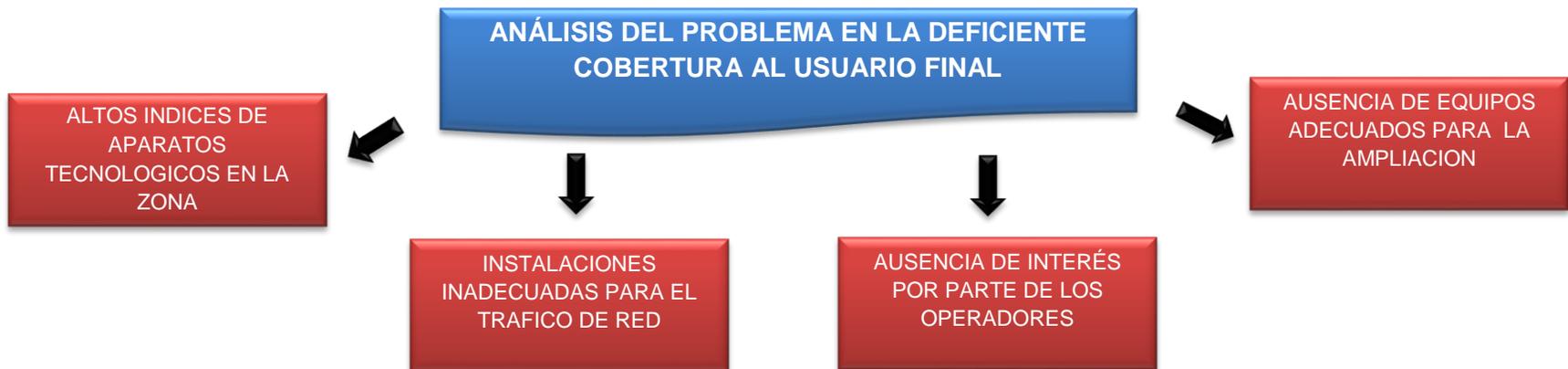


Figura 2.1. Diagrama del análisis del problema en la cobertura. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 2.2. Diagrama de la Comunicación por Fibra Óptica. Fuente: Elaboración Propia.

3.1. ANÁLISIS DE COMUNICACIÓN ÓPTICA INICIAL ENTRE AMBOS DISTRITOS.

Mediante la figura 2.3. Podemos apreciar la distribución actual de los equipos de transmisión en ambos edificios. Ambas cuentan con toda la infraestructura terminada dividiéndose en diversas salas entre las que se encuentran, sala conmutación, sala de transmisión, sala Adsl sala Mdf y sala de energía. El equipo de transmisión en el que trabajaremos es de la marca Huawei, siendo este actualmente líder en equipos de transmisión a nivel comunicación óptica.

Por otro lado el equipo de gestión y capacidad del tráfico de red es de la marca Juniper, que posee una capacidad por tarjeta de hasta 10 Gb, el cual de manera alternada sufre una caída de red por el tráfico de red de la zona.

Además podemos resaltar que también existen dos redes de fibra óptica oscura entre ambos edificios, el cual facilita la comunicación óptica entre los distritos, ambas pueden ser utilizadas ya que suelen usarse como backup ante cualquier corte de fibra.



Figura 2.3. Diagrama del Diseño de la Red de Fibra Óptica Actual.
Fuente: Elaboración Propia.

3.2. ANÁLISIS DE LA NUEVA IMPLEMENTACIÓN ÓPTICA ENTRE LOS DISTRITOS DE MIRAFLORES Y SAN ISIDRO.

La secuencia de la implementación alternativa, para la ampliación de capacidad en los equipos de transmisión, consta de ciertos puntos fundamentales que lograrán una implementación óptica acorde con nuestro objetivo principal.

El primer punto es el Análisis de la sala de Transmisión ubicado en el 5to piso de Telefónica de Miraflores, además del 4to piso de la sala transmisión de Telefónica de San Isidro, esto nos permitirá saber cómo está distribuido el equipo actual de transmisión, cómo funciona actualmente el enlace óptico entre ambos distritos y si realmente cubre las necesidades de los usuarios y empresas en general de la zona.

En la tabla N°2 del diagrama de Gantt, se toma en cuenta las necesidades que debemos satisfacer, especificando los tiempos y analizando primero el diseño de la infraestructura física de red, que comprende el camino que recorrerá la información de punto a punto, incluyendo ambas salas de transmisión y segundo será el diseño de la infraestructura lógica del equipo, aquí se tomará en cuenta, el tipo de cableado de fibra óptica para el diseño.

Culminando ya el diseño de red, se procede a dar detalle de la configuración del equipo de transmisión, con el objetivo de poder sacar resultados y confrontarlos con la realidad del problema en la caída de red, ante la capacidad de datos entre usuarios.

N°	ACTIVIDAD	SET			OCT				OCT/NOV		
		20	21 24	25 28	2	4	6	10	12 24	24 30	30 10
1	Asignación del proyecto	■									
2	Punto de control 1		■	■							
3	Planificación		■								
4	Metodología de desarrollo		■	■							
5	Análisis de requisitos		■	■							
6	Creación de protocolos y normas		■	■							
7	Punto de control 2		■	■	■						
8	Análisis del diseño solicitado		■	■	■						
9	Verificación del diseño			■	■						
10	Punto de control 3		■	■	■	■					
11	Selección de materiales y equipos		■	■	■						
12	Selección de personal		■	■	■						
13	Simulación					■					
14	Logística general		■	■	■	■					
15	Punto de control 4		■	■	■	■	■				
16	Implementación materiales						■	■	■		
17	Implementación equipos						■	■	■		
18	Implementación final						■	■	■		
19	Punto de control 5									■	■
20	Pruebas generales 1									■	
21	Pruebas post-migración										■
22	Entrega de proyecto										■
23	Facturación										■

Tabla N°2 Planificación de la nueva Implementación óptica Fuente: Elaboración Propia.

3.2.1. CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA NUEVA IMPLEMENTACIÓN ÓPTICA.

En el capítulo 2, se establece una descripción general de criterios, que permiten seleccionar una adecuada medida de requerimiento como fiabilidad, disponibilidad y escalabilidad que nos permitirán obtener un mejor desarrollo del diseño de red.

Para nuestra implementación de red en comunicación óptica, para la sala interna; he utilizado el criterio de los parámetros de distancia y tipo de fibra, siendo escogidas las fibras monomodo de 20mts. LC/FC, LC/LC, LC/SC para la interconexión del equipo de transmisión y el equipo de gestión. Para el caso de planta externa ya hay una fibra oscura tendida, por la cual no hay necesidad de seleccionar alguna alternativa, sin embargo se recomienda que la fibra sea antiroedores, puesto que hace unos años había problemas de corte de fibra generados por estos rastros. Ver Figura 2.4.

Es importante que para la implementación, el responsable general tenga una idea clara y concisa del proyecto que se va a realizar, ya que debe colocarse en diversos escenarios tanto del cliente como del usuario, con el objetivo de satisfacer las necesidades de ambas partes.



Figura 2.4. Tipos de Fibra Óptica. Fuente: Elaboración Propia.

3.2.2. SELECCIÓN DE LOS DISTRITOS PARA LA NUEVA RED DE FIBRA ÓPTICA.

Para esta implantación, se tuvieron que analizar diversos puntos para escoger bien los lugares de la comunicación óptica, para iniciar la extensión entre ambos distritos fue clave, puesto que es un recorrido corto y que ya cuenta con una comunicación óptica disponible.

También se tomó en cuenta que en ambas centrales de datos, ya existía un diseño planteado e implementado que si bien es cierto no cumplía con las expectativas del usuario pero funcionaba de manera aleatoria.

El backup de la fibra óptica oscura también facilitó escoger ambos distritos, ya que si por un lado no funcionaba la nueva comunicación óptica, siempre facilitaría la fluidez de la comunicación por el lado de respaldo (redundante).

3.2.3. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE TRANSMISIÓN Y DE GESTIÓN

Para el equipo de transmisión óptica, se optó por el Osn 8800 Huawei puesto que en la actualidad Huawei representa en comunicaciones ópticas la escalabilidad del sistema. Si bien es cierto el ancho de banda siempre va a ser un problema para el envío de información, Huawei intenta acercarse a la capacidad del usuario, brindando tarjetas con amplitud de hasta 100Tb.

Dentro de los equipos de gestión, se continuó con el equipo T4000 Juniper y Ne40x1, Ne40x2, Ne40x3 Huawei, ya que cumple actualmente con los estándares de comunicación en extremos, sin tener problemas de forma remota o física.

Cabe resaltar que ambos equipos son de tarjetas extraíbles, ya que si por algún motivo se malogra o deja de funcionar una tarjeta, se puede intercambiar sin ningún problema una nueva tarjeta, claro está que se tiene que configurar la tarjeta previo al insertado. La conexión entre los equipos de gestión y transmisión se conectan mediante ODF's Lc/Fc Lc/Sc y si fuera equipo directo sería Lc/Lc.

3.2.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA NUEVA RED DE COMUNICACIÓN ÓPTICA.

El proyecto considerado para la solución al tráfico de red de la zona, es la implementación de un nuevo sistema de comunicación óptica optimizando el equipo de transmisión con nuevas capacidades, mejorando la transmisión de señales en tiempo real, usando como medio de transmisión la fibra oscura.

El recorrido de la fibra oscura que conecta al distrito de Miraflores y San Isidro, cuenta con dos opciones, el primer tramo se encuentra por las Av Benavides pasando por la Av. Arequipa para luego finalmente ingresar a la Av. Camino Real, además también cuenta con un segundo tramo considerado como backup el cual se desplaza por la Av. Benavides ingresando por toda la Av. Paseo de la república para luego ingresar a la Av. Javier Prado culminando por la Av. Camino Real.

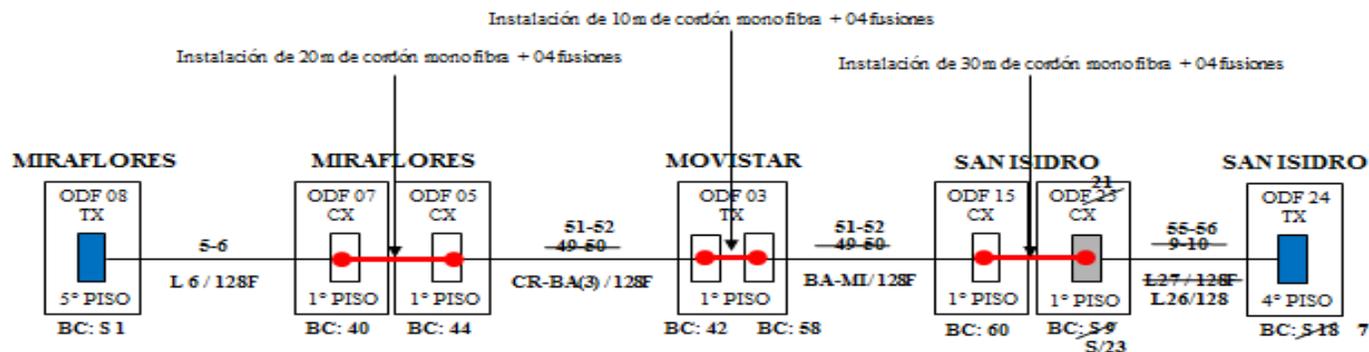
Para nuestra implementación de nuestra red, se ha decidido por el primer tramo, al ser más cercano y además de tener menos recorrido de fibra el cual facilita los empalmes si es que en caso hubiera un corte de fibra.

En nuestro país la falta de desarrollo de servicios de banda ancha es preocupante respecto a otros países de primer orden, el Perú tiene redes que corresponden a operadores que se encuentran funcionando en la actualidad, estas tecnologías no pueden ofrecer servicios de banda ancha debido al alcance, medio de transmisión, ancho de banda, etc.

A lo largo del tiempo la tecnología ha permitido que las telecomunicaciones avancen, como es el caso del ancho de banda. Tenemos a las redes inalámbricas como el Wimax que ofrece servicios de triple play a los usuarios pero es muy difícil obtener HDTV debido a que esta tecnología no cuenta con mucho ancho de banda para poder transmitir televisión en HD, igualmente pasa con las variaciones del DSL y las últimas combinaciones de cable y satélite, pueden proporcionar HDTV, pero con poca confiabilidad. De aquí el hecho de implementar sistemas de comunicación óptica, como un beneficio de la fibra, para la transmisión de gran información.

En la figura 2.5. observamos el diseño de red existente y la edificación del lugar, la instalación del cable de la fibra óptica se realizará en ductos del falso piso, siendo la acometida el cable que llegará al ingreso del edificio hay que resaltar que la fibra óptica oscura debe ser antiroedor y contra humedad. Para el caso de la planta externa de ser instalado la fibra se dispone de pozos o cámaras de revisión que estarán separadas en algunos casos 20 metros y en otros a menos distancia.

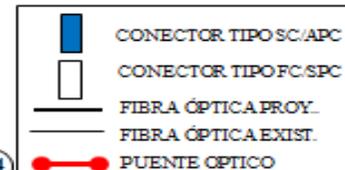
IMPLEMENTACIÓN DE FIBRA ÓPTICA PARA PROYECTO DATOS 2016 ENLACE MIRAFLORES TX – SAN ISIDRO TX



LONGITUD S/B TOTAL = 3920 m

TERMINADA : 07/10/2016
EJECUTADA : GRAÑA Y
MONTERO
GRAFO : 400000354021
TICKET : T16041191

LEYENDA



24

TICKET:16041191
 PEP:P-0055-16-0327-00006-024
 GRAFO: 4000003621031

GERENCIA INGENIERIA ACCESO FIJA Y PEX
 Administración y Asignación de fibra Óptica
 Estudio/ejecución 07/09/2016

Figura 2.5. Implementación del Nuevo Enlace. Fuente: Elaboración Propia.

La fibra escogida es de tipo OM3 que cumple con el estándar TIA/EIA 492AAAB-A, el cual nos garantiza según el fabricante obtener enlaces de 1gb hasta 100gb, en distancias de hasta 550metros, es importante señalar que la fibra trabajada es de 50/125 um a una longitud de onda de 1310nm.

Se realizaron cálculos en la fibra óptica usando equipos de medición como el Infinicor SXi+fiber de tipo OM3, además también para las fibras internas de la sala de transmisiones se usó el Power Mitter Expo275, dando resultado positivo del enlace entre ambos distritos. Por otro lado para la emisión de luz, se utilizó el equipo expo fox140 obteniendo el ancho espectral del sistema.

En el caso de la planta interna de ambas salas de transmisiones, los equipos osn8800 cuentan con un armario especialmente para ellos, los cuales mediante canaletas Tayco se desplegará Patch Cord de fibra hacia los equipos de gestión.

En la tabla N°3 se observa los puertos específicos asignados en cada equipo de transmisión, equipo de gestión y ODF, para el correcto despliegue y activación del enlace. Después de la integración, las pruebas se realizaron entre las 00:00 y 4:00 am durante 7 días, la migración final se realizó al octavo día, a las 00:00hrs, siendo favorable el enlace y mejorando el ancho de banda de 10Gb a 100Gb en ambos distritos. A continuación la tabla de los puertos asignados para cada enlace.

MIRAFLORES						
	SALA	EQUIPO	PUERTO	CAP.	PUERTO	EQUIPO
1	TX P-5	OSN 8800-MI 02	1/7	100Gb	2/0/5	T4000-16-MI 04
2	TX P-5	OSN 8800-MI 02	1/8	100Gb	1/0/7	T4000-16-MI 04
3	TX P-5	OSN 8800-MI 02	1/9	100Gb	5/1/7	T4000-16-MI 04
4	TX P-5	OSN 8800-MI 02	1/10	100Gb	3/2/10	T4000-16-MI 04
5	TX P-5	OSN 8800-MI 02	1/11	100Gb	6/0/0	T4000-16-MI 04
6	TX P-5	OSN 8800-MI 02	7/3	100Gb	6/0/7	NE40E-16-MI 02
7	TX P-5	OSN 8800-MI 02	2/4	100Gb	4/1/0	NE40E-16-MI 02
8	TX P-5	OSN 8800-MI 02	5/0	100Gb	1/5/0	NE40E-16-MI 02
9	TX P-5	OSN 8800-MI 02	7/8	100Gb	7/0/2	GGSN-01
10	TX P-5	OSN 8800-MI 02	4/3	100Gb	7/0/1	GGSN-01
11	TX P-5	OSN 8800-MI 02	8/8	100Gb	7/0/0	GGSN-01
SAN ISIDRO						
	SALA	EQUIPO	PUERTO	CAP.	PUERTO	EQUIPO
1	TX P-4	OSN 8800-SI 01	10/1	100Gb	6/0/5	T4000-16-SI 02
2	TX P-4	OSN 8800-SI 01	4/3	100Gb	6/0/7	T4000-16-SI 02
3	TX P-4	OSN 8800-SI 01	4/4	100Gb	08/01/2007	T4000-16-SI 02
4	TX P-4	OSN 8800-SI 01	4/5	100Gb	01/01/2010	T4000-16-SI 02
5	TX P-4	OSN 8800-SI 01	4/6	100Gb	6/0/0	T4000-16-SI 02
6	TX P-4	OSN 8800-SI 02	7/0	100Gb	6/0/1	NE40E-16-SI 02
7	TX P-4	OSN 8800-SI 02	7/1	100Gb	08/01/2000	NE40E-16-SI 02
8	TX P-4	OSN 8800-SI 02	7/2	100Gb	01/01/2000	NE40E-16-SI 02
9	TX P-4	OSN 8800-SI 02	7/3	100Gb	6/0/2	GGSN-01
10	TX P-4	OSN 8800-SI 02	7/4	100Gb	7/0/1	GGSN-01
11	TX P-4	OSN 8800-SI 02	7/5	100Gb	7/0/0	GGSN-01

Tabla N°3 Puertos Asignados a los Equipos de Transmisión y Gestión.

Fuente: Elaboración Propia.

- **Equipo de gestión Juniper T4000:** Es el encargado de la configuración del enlace, asigna los puertos en la configuración del sistema, realiza la función de encriptar, cifrar y encapsular los mensajes del transmisor, puede editar y es el único de variar los parámetros del enlace de fibra óptica, utiliza tarjetas para su mejor desempeño, si resultará una avería en su instalación solo sería necesario cambiar la tarjeta malograda sin dañar a los demás circuitos. Puede gestionar transporte de información desde Mb hasta 100 Gb, se está diseñando sistemas para soportar hasta en Tb.
- **ODF FC:** Se utilizó en la planta interna de la sala de transmisión de San Isidro es el encargado de repartir las fibras multimodo entre los equipos de transmisión y de gestión, dentro de las instalaciones, ideal para comunicar diversos equipos mediante acopladores FC.
- **Equipos de transmisión Tx OSN 8800:** Es el equipo encargado de la transmisión del mensaje, soporta capacidades desde Megabyte hasta Terabyte, mejora la velocidad del envío y detecta intercepciones en el envío de la información, mejorando la seguridad del sistema.
- **ODF SC:** Se utilizó en la planta interna de la sala de transmisión de Miraflores es el encargado de repartir las fibras multimodo entre los equipos de transmisión y de gestión, dentro de las instalaciones, ideal para comunicaciones de transporte en Gigabyte entre diversos equipos, mediante acopladores SC. A continuación en la Figura 2.6. Se muestra el gráfico, de la ruta del enlace óptico.

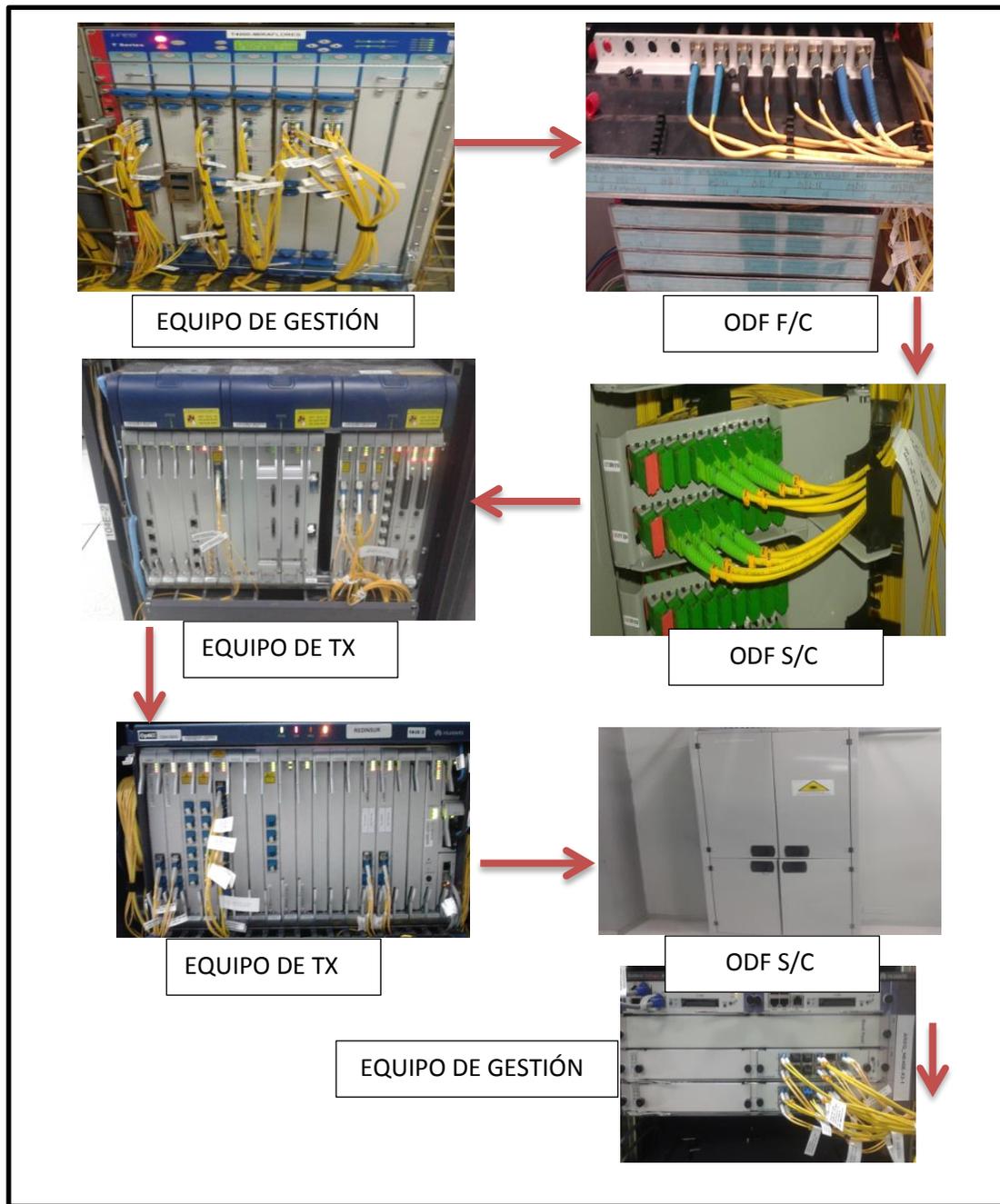


Figura 2.6. Ruta del Enlace de Fibra Óptica. Fuente: Elaboración Propia.

3.2.5. TOPOLOGÍA LÓGICA Y FÍSICA DE LA NUEVA RED DE FIBRA ÓPTICA.

Para la Topología Física en el diseño e implementación de la red de fibra, se instalaran el equipo de transmisión en la sala de transmisiones de ambos data center, los cuales se conectaran a los equipos de gestión para poder cerrar el enlace óptico. Ver Figura 2.8.

Por otro lado en la Figura 2.7. La topología lógica muestra la comunicación óptica entre el distrito de Miraflores y San Isidro, los cuales también formará parte del anillo lógico de la comunicación óptica del centro financiero de Lima, es decir tendrá opción de compartir grandes envíos de datos con tres distritos más (San Borja, Surco, San Luis), puesto que todos ellos forman parte del centro de finanzas de lima. Se menciona todo ello puesto que se realizó este proyecto previo a la cumbre de la Apec (Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico), brindando servicios exclusivos para la conferencia sin tener ningún tipo de problemas, colocando al Perú, en uno de los países confiables en la realización de la cumbre.

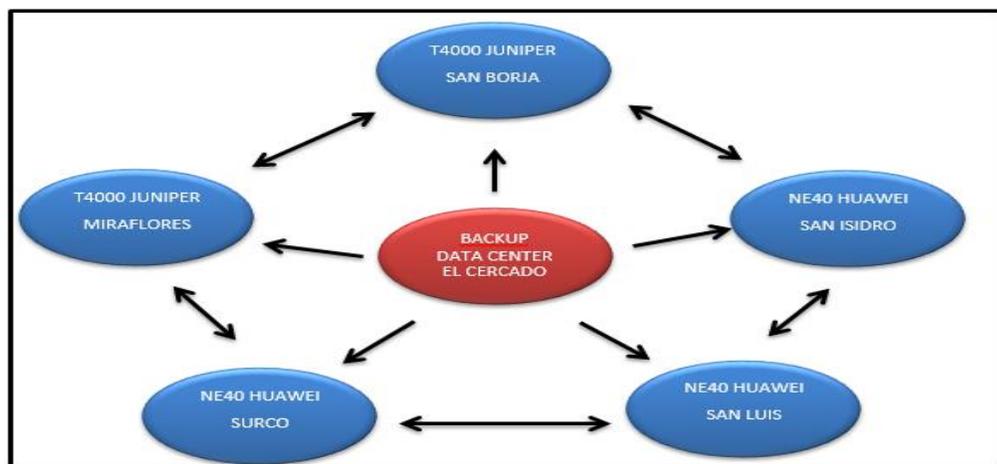


Figura 2.7. Topología Lógica de la red de Fibra Óptica. Fuente: Elaboración Propia.

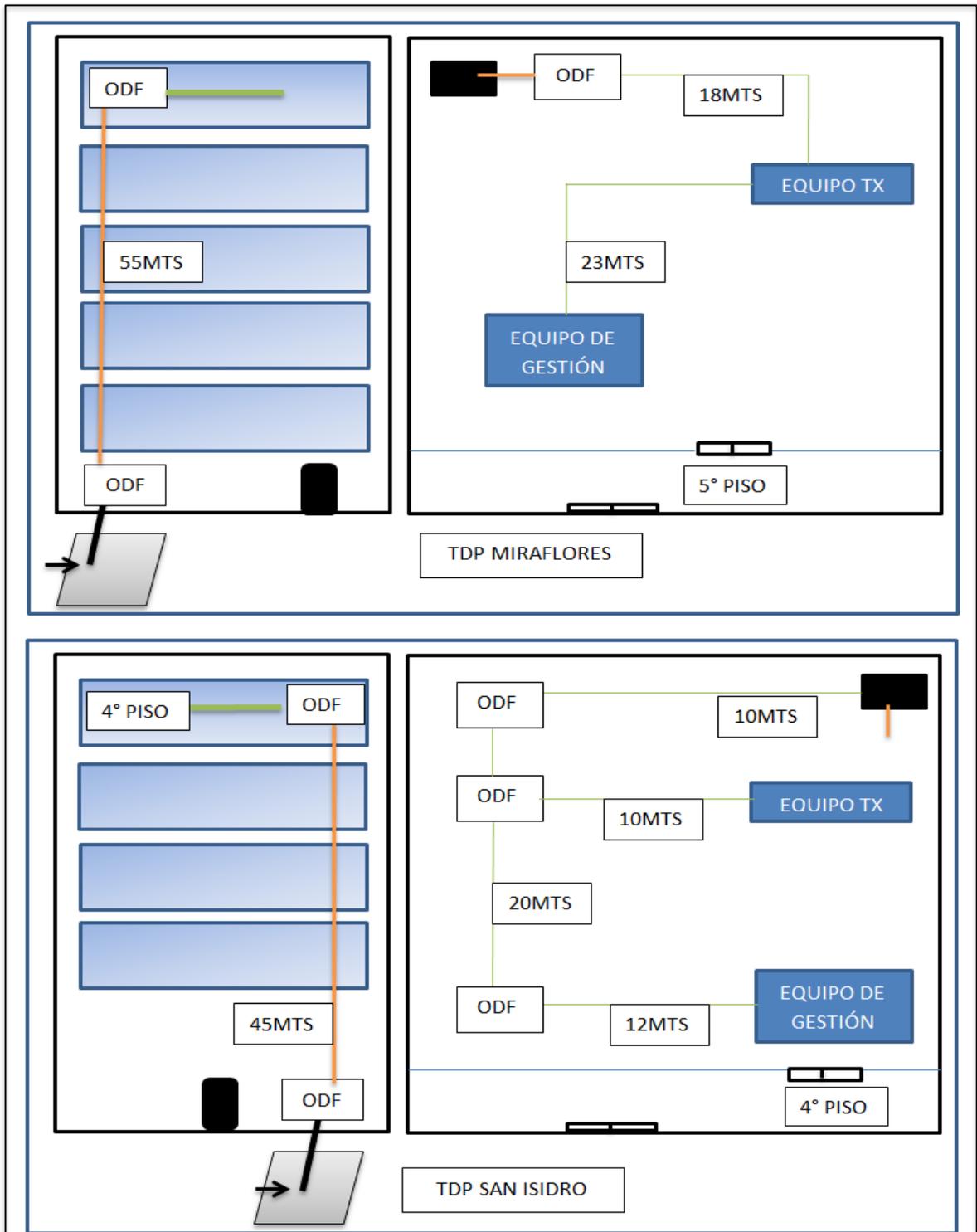


Figura 2.8. Topología Física de ambos Data Center. Fuente: Elaboración Propia.

3.2.6. ANÁLISIS DE COSTO

El costo de la red de fibra óptica para la transmisión de datos, representa la suma de los gastos relacionados con la adquisición de los equipos utilizados en la red de fibra óptica, los gastos de mano de obra dirigidos a la instalación de la fibra y los equipos ópticos, además de la parte de gestión del proyecto.

En la tabla N°4 se estima el costo aproximado de la red de fibra óptica en \$39 325.315, en la figura se detalla los precios de los equipos y materiales sin contar la mano operativa y logística del proyecto.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/UND. (\$)	TOTAL
FIBRA ÓPTICA LC/LC 30MTS DUPLEX	15	13.21	198.15
FIBRA OPTICA LC/FC 30 MTS DUPLEX	15	14.11	211.65
FIBRA OPTICA LC/SC 30MTS DUPLEX	15	13.21	198.15
FIBRA OPTICA DIELECTRICA (EXTERNA)	4000	4.2	16800
ACOPLADOR LC/LC	20	6.25	125
ACOPLADOR FC/FC	20	6.25	125
ACOPLADOR SC/SC	20	6.25	125
ATENUADOR LC 3DB	22	7.24	159.28
ATENUADOR LC 5DB	22	7.24	159.28
ATENUADOR LC 7DB	22	7.24	159.28
CINTA AISLANTE	30	1.25	37.5
BANDEJA PARA FIBRA (INTERNA)	4	360	1440
TUERCAS ENJAULADAS	50	27.52	1376
TORNILLOS PLANO	50	21.3	1065
TORNILLOS ESTRELLA	50	21.3	1065
CINTA BRADY	10	26.6	266
BOLSA DE BELCROM(10 MTS.)	5	38.33	191.65
BOLSA DE CINTILLOS	20	4.25	85
ALCOHOL ISOPROPILICO	4	4.5	18
TRANSEIVERS 100GB CISCO	25	85.25	2131.25
TRANSEIVERS 10GB HUAWEI	25	50.12	1253
BOLSA DE ESPIRAL	10	12.5	125
EQUIPO OSN8800 HUAWEI	1	12000	12000
EQUIPO T4000 JUNIPER	1	11.125	11.125
		TOTAL	39325.315

Tabla N°4 Análisis Económico. Fuente: Elaboración Propia.

3.3. SIMULACIÓN Y CUADRO COMPARATIVO DE PARÁMETROS DEL ENLACE

La simulación fue dada en el data center del Centro de Red de Miraflores se contó en paralelo con personal en el área de transmisiones de San Isidro. La simulación se realizó a las 00:00 Horas con las pruebas de mediciones generales (atenuación, calibración, continuidad, velocidad, transmisión y recepción de datos).

A la 01:00 Am se procedió con la ejecución de la configuración, con el apagado del equipo Huawei 3500, conectando el nuevo equipo de transmisión Osn Huawei 8800 en ambas sedes, procediendo paralelamente a la configuración de los equipos de gestión Juniper T4000, con los nuevos puertos asignados para la conectividad del nuevo enlace. Se contó con personal técnico para las instalaciones manuales de la fibra multimodo dando un buen desempeño a la migración de los nuevos equipos de transmisión.

A las 02:00 am se procedió al nuevo cambio de tarjetas ya configuradas para el nuevo enlace de fibra óptica, dando de manera correcta la conexión física y lógica del enlace, siendo migrado en su capacidad de 10Gb a 100 Gb aproximadamente. Todos los nuevos puertos fueron migrándose uno por uno, logrando la comunicación fluida con las empresas finales sin tener ningún tipo de inconvenientes.

Se aplicaron backup para todo el sistema óptico y firewall para cada uno de los puertos asignados, aplicando la seguridad en el enlace entre ambos data center, brindando además encriptado y encapsulamiento de la información transmitida.

Se realizaron pruebas de medición de atenuación, y se dieron soporte eficazmente a las fibras con alto nivel de atenuación, todos los trabajos fueron realizados de forma paralela a fin de tener comunicación directa con ambas sedes.

Posteriormente se hicieron pruebas durante 7 días, monitoreando en línea los parámetros de tráfico de red, resultando de manera correcta sin limitaciones en las comunicaciones entre los usuarios finales.

En la figura 2.9. Se muestra la simulación y cuadro comparativo de los puertos en los parámetros del enlace.

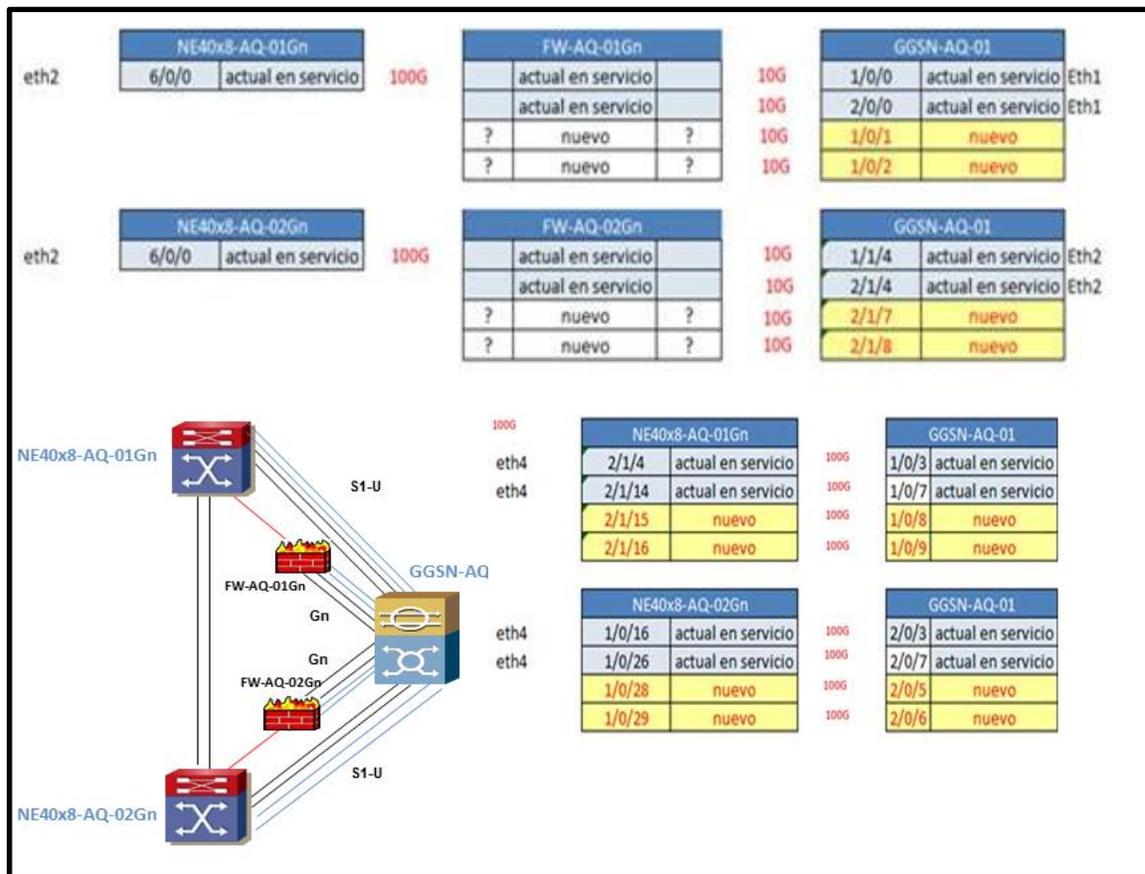


Figura 2.9. Simulación del Enlace Óptico. Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar en la Figura 2.10, los parámetros del Tráfico de Red en tiempo real.

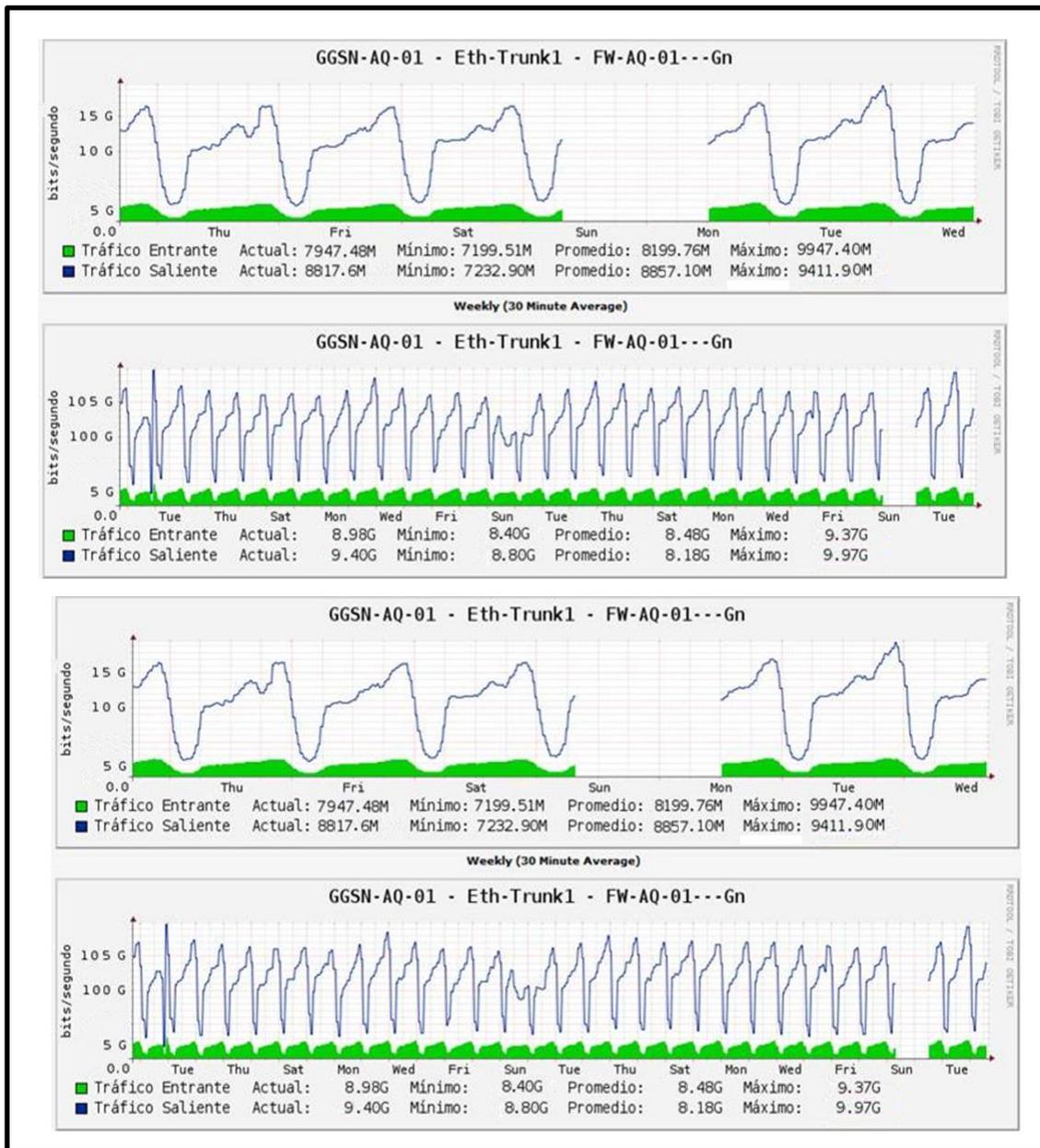


Figura 2.10. Gráfico y Parámetros del Tráfico de Red.

Fuente: Elaboración Propia.

3.4. REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

Una vez integrado y verificado todos los parámetros del sistema del enlace, entre ambos distritos, se pudo observar que las pruebas fueron exitosas ampliando el ancho de banda para el tráfico de red de la zona en promedio de hasta 115 Gb, además se mantuvo una semana adicional de pruebas y si bien resultaron exitosas, aún falta completar el anillo de la red de fibra óptica empresarial enlazándolo con los tres distritos faltantes del anillo empresarial. Ver tabla N°5

Con los resultados obtenidos, se brinda la ampliación del ancho de banda a los usuarios finales con la única intención de generar menos tráfico de red en la zona. Para las pruebas de interconexión se utilizó la consola Cmd, utilizando el comando “ping” que nos permitió comprobar esa conexión entre los equipos y además confirmar que desde cada punto de acceso podíamos tener una conexión remota sin problemas.

A continuación se muestra la tabla la optimización del sistema de ancho de banda, para los distintos usuarios finales de ambos distritos.

ITEM	User	DISEÑO	PROMEDIO DE ANCHO DE BANDA	MAX CAPACIDAD (Antes de la migracion)	MAX. CAPACIDAD (Después de la migracion)
1	FERREYROS	Fibra	8.54GB	13.5GB	116.1GB
2	BBVA	Fibra	9.18GB	12.7GB	115.3GB
3	ADTRAN	Fibra	7.08GB	13.5GB	114.8GB
4	ADTRAN CONOSUR	Fibra	8.77GB	14.7GB	115.1GB
5	PODER JUDICIAL	Fibra	9.55GB	13.5GB	117.1GB
6	SOUTHERN PERU	Fibra	9.22GB	15.9GB	118.7GB
7	ILOAD	Fibra	8.88GB	13.5GB	114.1GB
8	SUNARP	Fibra	7.58GB	19.7GB	119.1GB
9	CABECERA INTERNODAL	Fibra	8.95GB	12.5GB	117.4GB
10	SUNAT	Fibra	9.89GB	11.4GB	115.1GB

Tabla N°5 Optimización del Ancho de Banda en el Tráfico de Red.

Fuente: Elaboración Propia.

4. CONCLUSIONES

1.- La comunicación a través de la Fibra Óptica es un avance significativo en el mundo de la información, con aplicaciones, en diversos campos de la vida moderna, lo que constituye un adelanto tecnológico altamente efectivo.

2.- La adecuada comunicación en Fibra Óptica, se ejecuta por diversas operaciones interconectadas, siendo el transmisor led y/o láser el que logra que la Fibra Óptica funcione como medio de transporte de la señal luminosa, logrando una comunicación de calidad al usuario.

3.- La Fibra Óptica tiene como principales ventajas, la alta velocidad al navegar por la red, reducción al ruido e interferencia, ligeras dimensiones, peso moderado y sobre todo altamente compatible con la tecnología digital.

4.- La modernidad en la Fibra Óptica, se ha desarrollado continuamente, mejorando sus características, en cuanto a coberturas, resistencia, protección contra la humedad y alta seguridad, lo que constituye un adelanto significativo en el uso de la comunicación óptica, estando al servicio del progreso tecnológico del país.

5.- El uso de la fibra óptica en los enlaces a larga y corta distancia, influye de manera acertada en las interferencias electromagnéticas, siendo segura, ya que se puede instalar, en lugares inapropiados y no transmite electricidad, y al permanecer el haz de luz en el núcleo, no es posible acceder a los datos transmitidos de manera clandestina.

5. RECOMENDACIONES

1.- En el sistema de comunicación de datos por fibra óptica, es importante elegir, la solución que más se adecue a cada requerimiento específico, que capacidad va a soportar el núcleo de comunicación, cuán importante es la velocidad y latencia del flujo de comunicación entre usuarios, por consiguiente la solución debe servir a la necesidad del avance tecnológico dentro del campo de la vida moderna.

2.- Es conveniente que en un sistema de comunicación óptica, la red sea de alta capacidad y baja latencia, para obtener una mejor arquitectura de red. Reducir el número de capas de la red puede resultar de ayuda, ya que los protocolos asociados a cada capa y los equipos que los soportan añaden indeseada latencia, por ello, es esencial y necesario simplificar la red.

3.- Se debe tener en cuenta, también las limitaciones en el sistema de comunicación óptica, ya que suele ser accesible solamente para las ciudades centrales, donde ya exista un despliegue general, así como el costo de operación y la dificultad de reparar fibras rotas en el campo, por ello se sugiere subestaciones en campo externo e interno, para el correcto despliegue y mantenimiento del sistema.

4.- Las características de la fibra óptica es de manera continua, pero aún sigue siendo una limitación, el problema de almacenamiento y transmisión de datos y es importante predecir estrategias en los operadores, para mitigar en el momento oportuno, el uso de las capacidades de la tecnología de transporte, extendiendo de esta manera su alcance a cualquier usuario.

5.- La seguridad de la información, es una prioridad en la actualidad para diversos campos, frente a ello, la encriptación de los datos en forma óptica, es una solución, que permite proteger todos los paquetes que se envían en el medio de transmisión entre los centros de datos y los usuarios finales.

6. BIBLIOGRAFÍA

[1] **Mex, F.** (2014). Ciudad de Monterrey. Disponible en:

<https://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=contenido&id=3&t=3>

[2] **Rate, D.** (2015). Madrid – España. Disponible en:

http://docs.google.com/document/22DiQKFWPcV2xd5U/edit?hl=en_US

[3] **Caicedo, H.** (2010). Medellín - Colombia. Disponible en:

<http://hcaicedoc.peruforo.org/t2-ventaja-y-desventajas-de-la-fibra-optica>

[4] **Rodriguez, Y.** (2012). México. Disponible en:

<http://www.mundotelecom.com/trabajos13/fibropt/fibropt.shtml>

[5] **Veliux, E.** (2008). Ciudad de México. Disponible en:

<http://www.eveliux.com/mx/curso/fibra-optica.html>

[7] **Ribery, C.** (Junio 2012). Bogotá. Disponible en:

<https://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/propiedades-tranmision>

[8] **Copyright, T.** (2011). Canadá. Disponible en:

<http://www.cablesyconectoreshoj.com/atenuadores>

[9] **Oport F.** (Marzo 2011). Madrid. Disponible en:

<http://optronics.com.mx/index.php?mod=eCommerce&ext=group&subid=4&id=180>

[10] **Del Valle, J.** (2002). Medellín. Disponible en:

<http://www2.udec.cl/~jdupre/fibra/apli.html>

[11] **Samuel, J.** (Diciembre 2004). Ciudad de México. Recuperado de:

<http://www.gadae.com/blog/ventajas-de-la-fibra-optica-sobre-el-cable-de-cobre>

[12] **Thefoa I.** (2014). California. Disponible en:

<http://www.thefoa.org/ESP/Sistemas.html>

Libros

[13] **Herrera, P.** (2004). Ciudad de México DF. Introducción a las Telecomunicaciones Modernas.

[14] **Faundez, M.** (2001). Barcelona – España. Sistemas de Comunicaciones.

[15] **Moya, H.** (2005). Madrid – España. Tecnologías de Telecomunicaciones.

[16] **Moya, H.** (2004). Madrid – España. Telecomunicaciones: Tecnologías, Redes y Servicios.

[17] **Uyless D.** (1987). Madrid – España. Redes de transmisión de datos y proceso distribuido.

7. ANEXOS

7.1. Equipo De Transmisión Marca Huawei 6800 - 3800



SOLUCIONES **PRODUCTOS** SERVICIOS SOPORTE SOBRE NOSOTROS

Radio Access

Fixed Access

Core Network

Transport Network

WDM/OTN

- BWS 1600G
- OSN9800
- OSN8800
- OSN6800&3800**
- OSN1800

OSN 6800 y 3800

Para cumplir con el rápido desarrollo de servicios de banda ancha, video y móviles, la red All-IP se ha convertido en la primera opción para los operadores. Al entregar alta capacidad, flexibilidad y seguridad, la red de transporte inteligente se ha convertido en la principal red de transporte metro de próxima generación.

El OSN6800/3800 incorpora múltiples tecnologías de red de próxima generación, tales como G.709 OTN, ROADM, ópticas sintonizables e insertables, ASON/GMPLS, 40 G, conmutación de datos, capacidad ODB, entrega flexible, infraestructura de transporte óptico rentable con optimización de datos.



Figura A.1. Equipo de transmisión marca Huawei 6800.

Fuente: www.Huawei/equipostx/net.

Características

Acceso transparente

El OSN6800/3800 emplea el protocolo de envoltura digital G.709 que permite un acceso transparente con 16 Mbps a 40 Gbps (IP/Ethernet, ATM, SDH, fibra canal, ESCON, video digital, etc.) o velocidad binaria (16 Mb/s a 2,5 Gbps, 5 Gbps, 10 Gbps, 40 Gbps, etc.), que combina con la evolución de TDM a IP.

Grooming flexible

Infraestructura innovadora de grooming de tráfico de tres niveles, que integra cross conexiones ópticas y dinámicas (ROADM multigrado), grooming eléctrico flexible (cualquier ADM), y capacidad integrada de procesamiento de switch de L2.

Facilidad de gestión

Al emplear la OTN como la capa de transporte de la red All-IP, el OSN6800/3800 realiza con precisión tareas relacionadas con transporte de direcciones, administración, el mantenimiento y aprovisionamiento, y mantiene otros servicios relacionados con funciones de gestión (por ejemplo, gestión de ancho de banda, agregación y monitoreo de extremo a extremo).

Eficiente y ágil

La WDM se configuró estáticamente en todo el sistema de gestión de red (NMS). Aún se necesitan intervenciones manuales para satisfacer ciertos requisitos como el establecimiento o la eliminación de conexiones. Esto se traduce en un largo tiempo de respuesta.

Los operadores enfrentan actualmente un patrón de tráfico más dinámico. Una manera de resolver este problema es pasar de una red óptica de transporte estática a una red óptica conmutada automáticamente (ASON) dinámica y flexible. En este contexto, las conexiones del interruptor se pueden establecer o eliminar a pedido.

especificaciones

dimensiones (mm)		497 (W) x 295 (D) x 400 (H)
número de ranuras para tarjetas de servicio		17
interruptor	óptica	1 a 9-degree ROADM
	eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • 180G GE • 360G 10GE/ODUK (k = 1, 2, 2e)
longitud de onda (max)		DWDM: 80-ch, CWDM: 8-ch
rango de longitud de onda		DWDM: 1529.16 nm a 1560.61 nm (Banda C, ITU-T G.694.1) CWDM: 1471 nm a 1611 nm (Banda S + C + L, ITU-T G.694.2)
Max. tasa por canal		100 Gbit/s (OTU4)
Max. distance		Multi-palmo de transmisión: 32 span x 22 dB/span (10G), el lapso de 25x22 dB/span (40G), el lapso de 20x22 dB/span (100G) sin regeneración eléctrica Ultra-largo de un solo palmo de transmisión: 1 span x 81 dB/span (10G), el lapso de 1x71 dB/span (40G)
tipos de servicio apoyado		SDH, SONET, Ethernet, SAN, OTN, video
velocidad de línea		2.5 Gbit/s, 10 Gbit/s, 40 Gbit/s, 100 Gbit/s
apoyado enchufable módulos ópticos		eSFP, SFP +, XFP, PPC
Max. capacidad por grupo PID		120 Gbit/s
topolog? a		punto a punto, cadena, estrella, anillo, anillo con cadena, tangente anillo, anillo de intersección y malla
redundancia y Protección	red de protección de nivel (OTN)	protección de línea óptica, dentro de la junta de protección 1 + 1, cliente protección 1 + 1, ODUk SNCP, afluente SNCP, SW SNCP, MS SNCP, ODUk Primavera protección, OWSP, el Nivel de la placa de protección
	nivel de protección de red (Ethernet)	el SPD, DLAG, ERP, LAG, LPT, plan ESTRATEGICO de mediano plazo, STP y RSTP, VLAN SNCP
	equipos de nivel de protección	redundancia de alimentación, ventilador redundancia, junta de conexión cruzada de redundancia, sistema de control y de comunicación de redundancia
gestión de potencia óptica		ALS, AGC, ALC, APE, IPA, OPA
sincronización		<ul style="list-style-type: none"> • Synchronous Ethernet reloj • IEEE 1588v2 • 2 Mbit/s o 2 MHz (con la función de SSM), ITU-T G.703 compatible reloj externo fuente • tiempo fuente externa (1PPS + TOD)
ASON		óptico-Capa ASON
tensión Nominal de trabajo		-48 V DC/60 V DC
máximo consumo de energía subrack		1350 W
Ambiente de la operación		Subrack temperatura: <ul style="list-style-type: none"> • la operación a largo plazo: 5 ° C (41 ° F) a 40 ° C (104 ° F) • a corto plazo la operación:-5 ° C (23 ° F) a 45 ° C (113 ° F) humedad relativa: <ul style="list-style-type: none"> • la operación a largo plazo: 5% a 85% • el servicio de corta duración: 5% a 90%
el Tiempo medio de Reparación (MTTR)		4 horas
Tiempo medio Entre Fallos (MTBF)		51.64 años

7.2. EQUIPO DE TRANSMISIÓN MARCA HUAWEI 8800



Es

SOLUCIONES

PRODUCTOS

SERVICIOS

SOPORTE

SOBRE NOSOTROS

Radio Access

Fixed Access

Core Network

Transport Network

WDM/OTN

BWS 1600G

OSN9800

OSN8800

OSN6800&3800

OSN1800

Hybrid MSTP

MSTP

Microwave

OSN 8800

El OptiX OSN 8800 se utiliza principalmente en los backbone nacionales, regionales o provinciales y en sitios centrales del área metropolitana. El OSN 8800, un producto OTN inteligente de próxima generación, emplea tecnologías como WDM/OTN, ROADM, T-bit switch, ASON/GMPLS, 40 G/100 G y OAM de gran alcance.

Características

Primeros en la industria con 64 ranuras por sub-bastidor, capacidad masiva de servicios de acceso y rápido aprovisionamiento de servicios.

Primeros en la industria en integrar 256/512 * 10 G por sub-bastidor, 2 sub-bastidores por gabinete. Infraestructura integrada de grooming y gestión para el servicio IP masivo a fin de ahorrar un 80% de la superficie ocupada, reducir un 55% el consumo de energía, y soportar alta fiabilidad con menos conexiones de fibra óptica en el ODF.



OSN8800 T16



osn8800 T32

Figura A.2. Equipo de transmisión OSN 8800 Huawei.

Fuente: www.Huawei/equipostx/net.

Capacidad de conmutación eléctrica 2,56T/6T, capacidad de conmutación óptica 28T-bit.

El switch 9 x 3,2T (80*40 G) ROADM admite transporte óptico dinámico de longitudes de onda.

El switch O&E híbrido facilita la conexión libre de extremo a extremo con la transferencia, el agregado o la baja de servicios. Red plana, fácil planificación, implementación y ampliación, 50% de aumento de eficiencia.

Sistema comercial maduro 80*40 G integrado; admite la actualización a sistema de 100 G sin inconvenientes. Según el informe OVUM, Huawei ocupó el primer puesto en el mercado global 40 G WDM en el tercer trimestre de 2010.

Plataforma única inteligente con plano dual óptico y eléctrico para ofrecer aprovisionamiento automático de servicios y protección contra fallas de múltiples puntos y lograr un mayor nivel de fiabilidad.

PID como soporte de tecnología líder en la industria de 120 G (12*10 G) por chip para lograr la ampliación a gran escala de la red y un rápido aprovisionamiento de servicios.

Compatible con reloj físico 2M, 1588 V2 y transporte Sync-E para satisfacer plenamente la exigencia de reloj de alta precisión de las redes TD-SCDMA, CDMA2000 y LTE.

El consumo de energía se reduce en gran medida aprovechando las tecnologías de ASIC y la integración optoelectrónica. La capacidad de grooming centralizado del OSN8800 con menos conexiones de fibra óptica en el ODF ahorra superficie ocupada y reduce el consumo de energía en el sitio. Asimismo, permite construir una red plana, simplificada y eficiente.

Especificaciones

Especificaciones	OptiX OSN 8800 UPS	OptiX OSN 8800 T16	OptiX OSN 8800 T32	OptiX OSN 8800 T64
Dimensiones (altura x ancho x profundidad)	397 mm x 442 mm x 291 mm	450 mm x 498 mm x 295 mm	900 mm x 498 mm x 295 mm	900 mm x 498 mm x 580 mm
Cantidad de ranuras de servicios	16	16	32	64
Capacidad de conmutación	/	ODUk de 1,6 T, VC4 de 640 G, VC3 y VC12 de 20 G, paquetes de 800 G	ODUk de 3,2 T, VC4 de 1,28 T, VC3 y VC12 de 80 G, paquetes de 1,6 T	ODUk de 6,4 T, VC4 de 1,28 T, VC3 y VC12 de 80 G
Espaciamento entre canales	Red fija de 50 GHz a 100 GHz para 40 u 80 longitudes de onda Red flexible de 37,5 GHz a 400 GHz			
Velocidad máxima por canal	100 G, 200 G, 400 G			
Rango de longitudes de onda	DWDM: De 1529,16 nm a 1560,61 nm (banda C, ITU-T G.694.1)			
Fuente de alimentación	-48 VCC a -60 VCC			

7.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FIBRA ÓPTICA INTERNA



Cable Óptico Planta Interna PVC Tight Buffer

No. de Parte	Descripción
VOL-T50PVC-06	Cable Óptico, 6 fibras MM 50 μm , OFNR, color Naranja , Bobina de 1000 mts
VOL-T50PVC-12	Cable Óptico, 12 fibras MM 50 μm , OFNR, color Naranja , Bobina de 1000 mts
VOL-T62PVC-06	Cable Óptico, 6 fibras MM 62.5 μm , OFNR, color Naranja , Bobina de 1000 mts
VOL-T62PVC-12	Cable Óptico, 12 fibras MM 62.5 μm , OFNR, color Naranja , Bobina de 1000 mts
VOL-TSMPVC-06	Cable Óptico, 6 fibras SM 9 μm , OFNR, color Amarillo , Bobina de 1000 mts
VOL-TSMPVC-12	Cable Óptico, 12 fibras SM 9 μm , OFNR, color Amarillo , Bobina de 1000 mts

Características

- Construcción tipo distribución con tubo apretado de 900 μm de diámetro.
- Fibras de aramida como refuerzo mecánico de tensión (kevlar).
- Cubierta PVC tipo OFNR según UL 1666.
- Para aplicaciones en cableado de horizontal o vertical.
- Código de colores según EIA/TIA-598.
- Longitudes estándares de 500 metros, pregunte por otras longitudes requeridas.
- Cubierta naranja para fibras multimodo y amarilla para fibras monomodo.

Dimensiones

No. de fibras	Diámetro externo mm	Peso kg/km	Tensión máxima de instalación N
6	4.5	39	800
12	6.5	48	1200



**Cable Óptico
Planta interna
PVC
Tight Buffer**

Especificaciones Técnicas

Tipo de fibra	62.5/125 μ m 850/1300nm	50/125 μ m 850/1300nm	Sm 1310/1550nm
Atenuación máxima (dB/km)	3.5/1.0	3.5/1.5	0.5/0.4
Atenuación típica (dB/km)	3.0/1.0	3.0/1.0	0.4/0.3
Ancho de banda mínima (LED MHz/km)	200/500	500/500	-/-
Ancho de banda modal efectivo mínimo (VCSEL MHz/km)	-/-	510/-	-/-
Radio mínimo de curvatura	sin carga 10x diámetro exterior		con carga 20x diámetro exterior



Cable Óptico Planta Interna LSZH tipo Breakout

Especificaciones Técnicas

Tipo de fibra	62.5/125 μ m 850/1300nm	50/125 μ m 850/1300nm	Sm 1310/1550nm
Atenuación máxima (dB/km)	3.5/1.0	3.5/1.5	0.5/0.4
Atenuación típica (dB/km)	3.0/1.0	3.0/1.0	0.4/0.3
Ancho de banda mínima (LED MHz/km)	200/500	500/500	-/-
Ancho de banda modal efectivo mínimo (VCSEL MHz/km)	-/-	510/-	-/-
Radio mínimo de curvatura	sin carga 15x diámetro exterior		con carga 20x diámetro exterior
Temperatura de almacenamiento	- 40° a 70° C		
Temperatura de operación	-10° a 50° C		
Estándares industriales	NOM-001-SEDE, NMX-I-237 NYCE, ANSI/ ICEA S83-596, NMX-I-NYCE-248-2005		

*Consulte a su representante 3M por otras longitudes.

3M Innovación

7.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FIBRA ÓPTICA EXTERNA



**Cable Óptico
Planta externa
Armada Loose
Buffer**

Especificaciones Técnicas

Tipo de fibra	62.5/125 μ m 850/1300nm	50/125 μ m 850/1300nm	Sm 1310/1550nm
Atenuación máxima (dB/km)	3.5/1.0	3.5/1.5	0.5/0.4
Atenuación típica (dB/km)	3.0/1.0	3.0/1.0	0.4/0.3
Ancho de banda mínima (LED MHz/km)	200/500	500/500	-/-
Ancho de banda modal efectivo mínimo (VCSEL MHz/km)	-/-	510/-	-/-
Radio mínimo de curvatura	sin carga 10x diámetro exterior		con carga 20x diámetro exterior
Temperatura de almacenamiento	- 40° a 70° C		
Temperatura de operación	-10° a 50° C		
Estándares industriales	NOM-001-SEDE, NMX-I-237 NYCE, NMX-I-274-NYCE, ANSI/ICEA S83-596, NMX-I-NYCE-248-2005		

3M Innovación



Cable Óptico Planta externa Dieléctrico Loose Buffer

No. de Parte	Descripción
VOL-L50DIE-06	Cable Óptico Dieléctrico, 6 fibras MM 50 μm , MDPE, Loose buffer, Bobina de 1000 mts
VOL-L50DIE-12	Cable Óptico Dieléctrico, 12 fibras MM 50 μm , MDPE, Loose buffer, Bobina de 1000 mts
VOL-L62DIE-06	Cable Óptico Dieléctrico, 6 fibras MM 62.5 μm , MDPE, Loose buffer, Bobina de 1000 mts
VOL-L62DIE-12	Cable Óptico Dieléctrico, 12 fibras MM 62.5 μm , MDPE, Loose buffer, Bobina de 1000 mts
VOL-LSMDIE-06	Cable Óptico Dieléctrico, 6 fibras SM 9 μm , MDPE, Loose buffer, Bobina de 2000 mts
VOL-LSMDIE-12	Cable Óptico Dieléctrico, 12 fibras SM 9 μm , MDPE, Loose buffer, Bobina de 2000 mts

Características

- Presentación en 6 y 12 fibras ópticas en configuración unitubo.
- Tubo holgado con compuesto de relleno antihumedad.
- Fibras 62.5/125 y 50/125.
- Cubierta de Polietileno de mediana densidad.
- Construcción totalmente dieléctrica para aplicaciones en interiores o exteriores.
- Resistente a la radiación UV.
- Código de colores TIA/EIA, 598.

Dimensiones

No. de fibras	Diámetro externo mm	Peso kg/km	Tensión máxima de instalación N
6	13	125	2700
12	13	165	2700

7.5. RUTA DE LA FIBRA OPTICA EXTERNA ENTRE EL DISTRITO DE SAN ISIDRO Y MIRAFLORES.

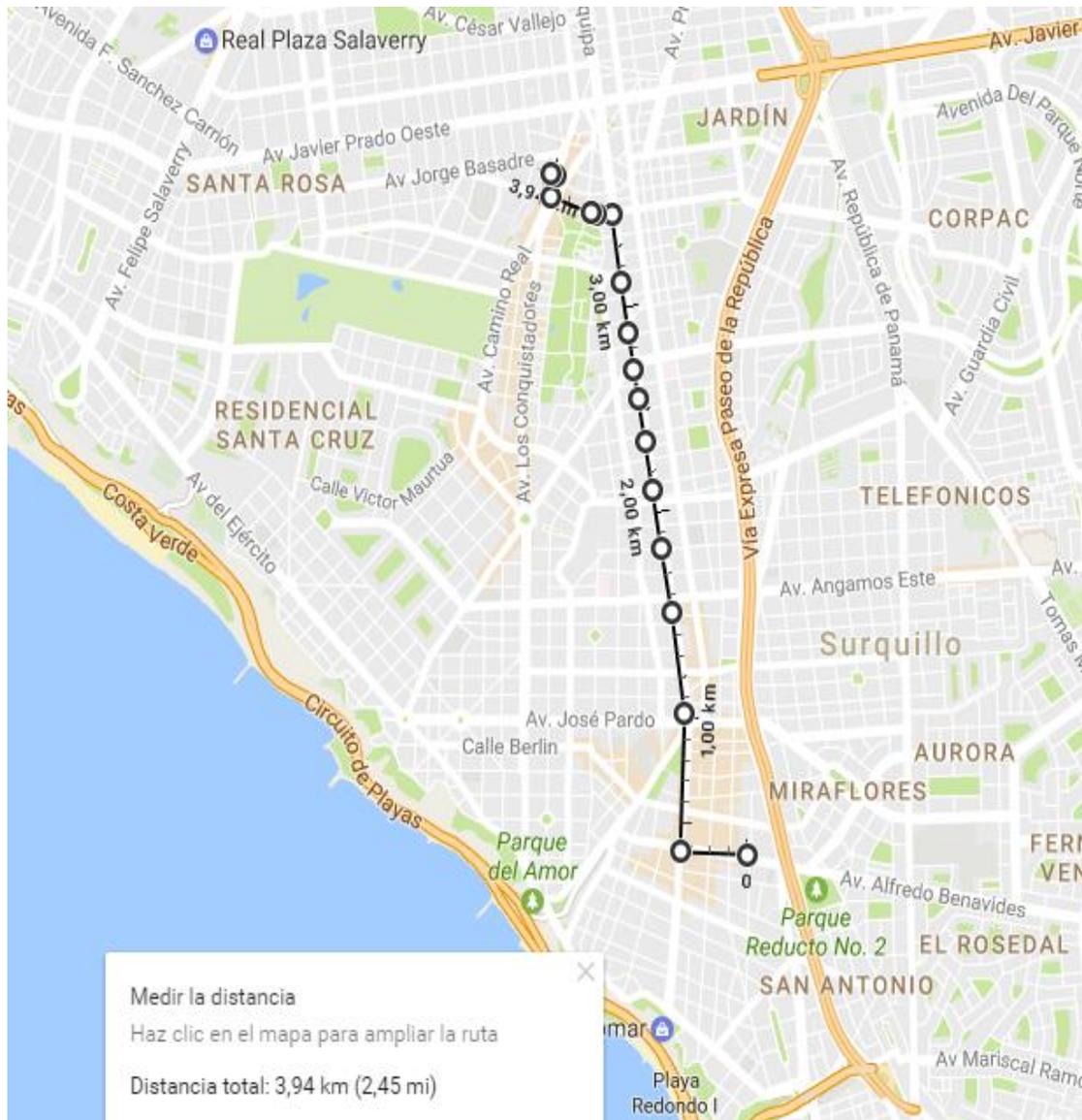


Figura A.3. Ruta de la Fibra óptica externa entre el distrito de San Isidro y Miraflores. Fuente: Google Earth.



**Figura A.4. Data Center Miraflores.
Fuente: Elaboración Propia.**

**Figura A.5. Data Center San Isidro.
Fuente: Elaboración Propia.**



**Figura A.6. Enlace Óptico entre Los
Distritos De Miraflores Y San Isidro.
Fuente: Elaboración Propia.**

7.6. EQUIPOS DE TRANSMISIÓN EN MARCA HUAWEI

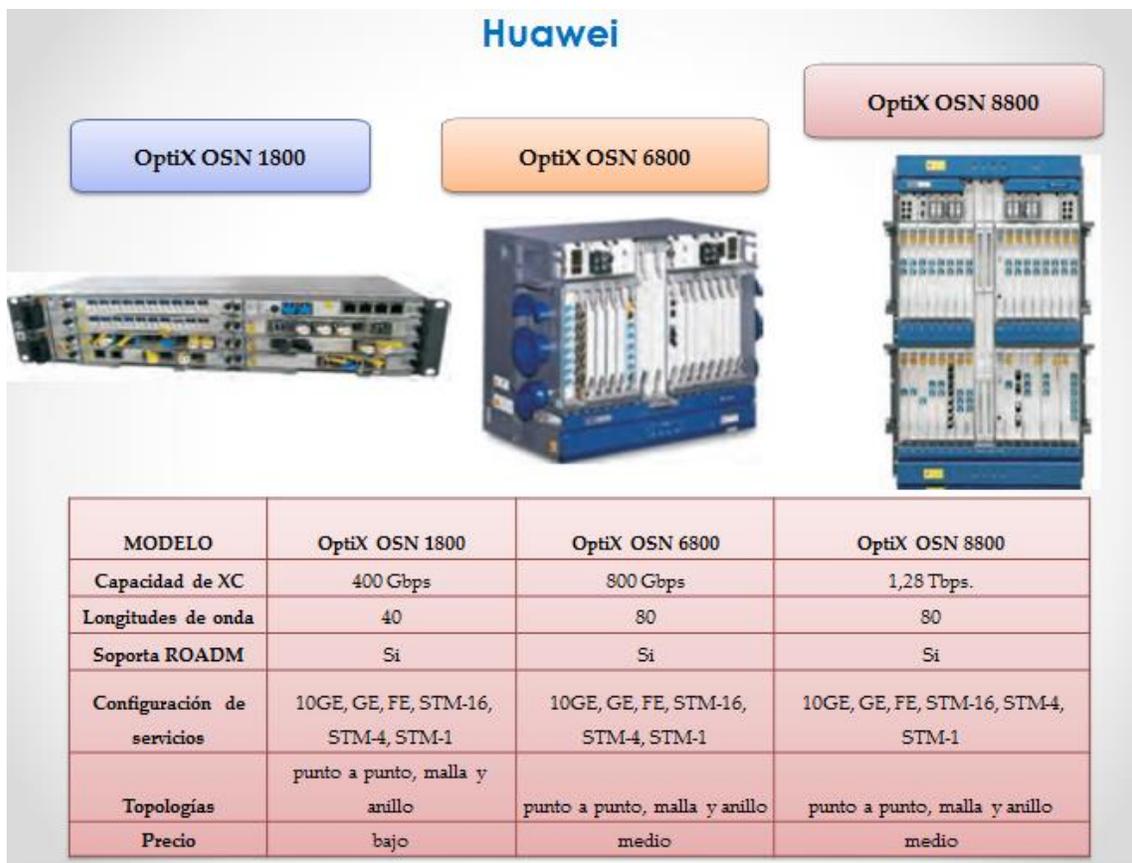
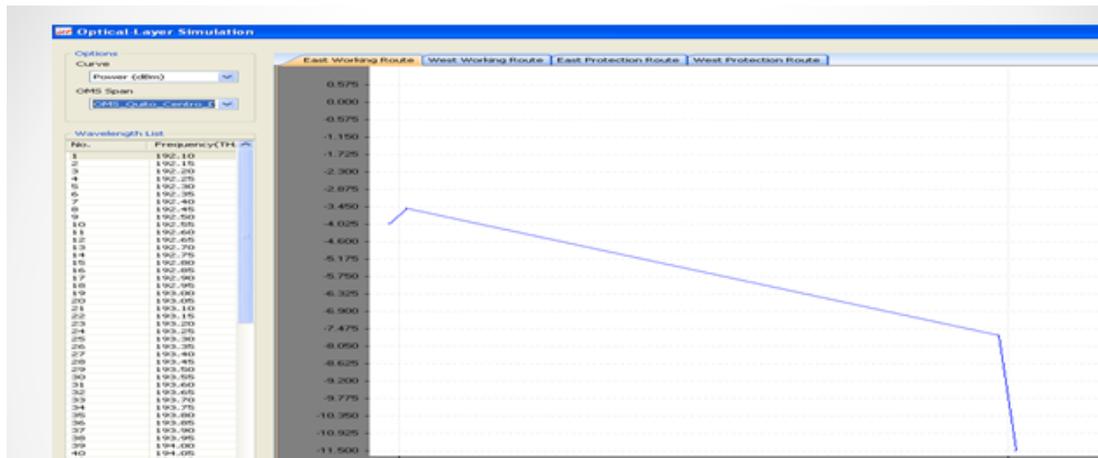


Figura A.7. Cuadro Comparativo de los Equipos de Transmisión Huawei.

Fuente: www.Huawei/equipos/tx.

7.7. PRUEBAS DE LOS PARÁMETROS DEL ENLACE ÓPTICO

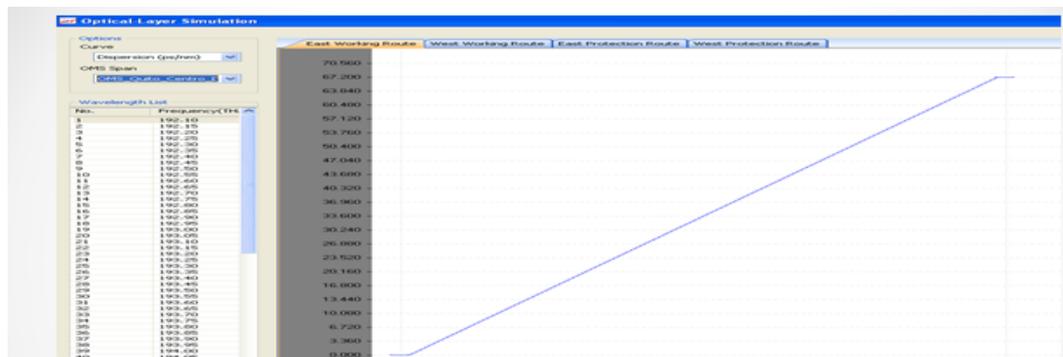
- **POTENCIA**



Varía de 0,5 a -21,65 dBm. El rango de potencia permitida es de 2 a -25 dBm.

Figura A.8. Potencia. Fuente: Elaboración Propia.

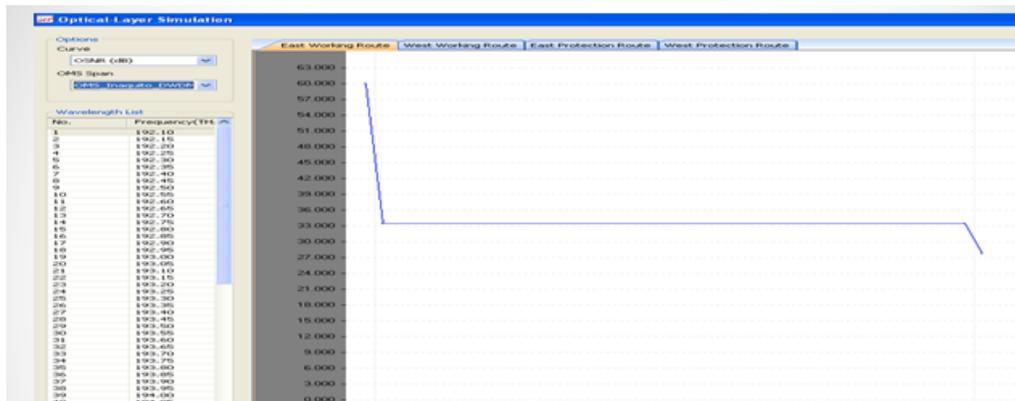
- **DISPERSIÓN**



Varía de 0 a 687,55 ps/nm. El valor máximo de dispersión que soporta nuestro equipo es 800 ps/nm.

Figura A.9. Dispersión. Fuente: Elaboración Propia.

- RELACIÓN SEÑAL RUIDO ÓPTICO OSNR



Varía de 27 a 60 dB. El valor de OSNR mínimo es de 14 dB.

Figura A.10. Relación señal ruido óptico OSNR.

Fuente: Elaboración Propia.

- DISPERSIÓN POR MODO DE POLARIZACIÓN PMD



Varía de 0 a 0,384 ps/√km. El valor de PMD permitido debe ser menor a 0,5 ps/√km

Figura A.11. Dispersión por modo de polarización PMD.

Fuente: Elaboración Propia.