

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE TECNOLOGIA
CARRERA: ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES



**“DISEÑO DE UNA RED DE REDUNDANCIA DE FIBRA
OPTICA PARA LA TRANSMISION DE DATOS DE LA
EMPRESA TELECEL S.A. PARA LA CIUDAD DE
ORURO”**

**Proyecto de grado presentado para obtener el grado de licenciado en
Electrónica y Telecomunicaciones**

POSTULANTE: RONALD CARLOS QUISPE SILVESTRE

TUTOR: LIC. LUIS RICHARD MARQUEZ GONZALES

La Paz- Bolivia

Octubre, 2017

Dedicación:

“Este proyecto va dedicado a mis padres Norberto Quispe Colque y Rosalía Silvestre Canaza que cuyo esfuerzo y apoyo me dieron fortaleza para lograr mis objetivos trazados y no quedarme en el camino decirles gracias por todo lo que me dieron por todo lo que me enseñaron decirles que estoy muy agradecido y dichoso de haber tenido a los mejores padres en mi vida “

Muchas gracias por todo lo que me dieron

INDICE

| | |
|------------------------------|--|
| RESUMEN DEL PROYECTO | |
| INTRODUCCION | |
| PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA | |
| OBJETIVOS | |
| OBJETIVO GENERAL | |
| OBJETIVOS ESPECÍFICO | |
| JUSTIFICACION | |
| DELIMITACIONES | |
| TEMPORAL | |
| ESPACIAL | |
| TEMÁTICA | |
| METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN | |

CAPITULO I

MARCO TEORICO: FUNDAMENTOS DE LA FIBRA OPTICA

| | |
|---|------|
| 1. FUNDAMENTOS DE LA FIBRA OPTICA..... | ii |
| 1.1. INTRODUCCIÓN..... | ii |
| 1.2. FIBRA ÓPTICA..... | iii |
| 1.3. COMPOSICIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA | iv |
| 1.4. NORMATIVA DE LA FIBRA ÓPTICA | v |
| 1.4.1. UIT-T G-651..... | v |
| 1.4.2. UIT-T G-652..... | v |
| 1.4.3. UIT-T G-655..... | vi |
| 1.4.4. UIT-T G-657..... | vi |
| 1.4.5. UIT-T G-651 | vi |
| 1.5. VENTAJAS DE LA NORMAS DE FIBRA ÓPTICA..... | vii |
| 1.5.1. Ventajas fibra óptica monomodo UIT G-652 / G-655 / G-657 1. | vii |
| 1.5.2. Ventajas fibra óptica multimodo UIT-T G-651 | vii |
| 1.6. ATENUACIÓN EN LA FIBRA ÓPTICA | viii |
| 1.6.1. Pérdidas por la constitución de la fibra..... | viii |
| 1.6.2. Pérdidas por absorción..... | ix |
| 1.6.3. Pérdidas de esparcimiento de RAYLEIGH | ix |
| 1.6.4. Pérdidas por radiación | x |
| 1.7. DISPERSIONES EN LA FIBRA ÓPTICA | xi |
| 1.7.1. Dispersión intramodal | xi |
| 1.7.1.1. Dispersión material..... | xi |
| 1.7.1.2. Dispersión guía – onda | xi |
| 1.7.2. Dispersión modal | xii |
| 1.8. TIPOS DE CONECTORES | xiii |
| 1.8.1. Conector FC..... | xiv |
| 1.8.2. Conector LC y MT-Array | xv |
| 1.8.3. Conector SC y SC-Dúplex..... | xv |
| 1.8.4. Conector ST o BFOC..... | xvi |
| 1.9. TIPOS DE PULIDO | xvi |

| | |
|---|--------|
| 1.10. TIPOS DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA | xvii |
| 1.10.1. Fibra multimodo | xvii |
| 1.10.2. Fibra de monomodo | xix |
| 1.11. EMPALMES | xx |
| 1.11.1. Empalme | xx |
| 1.11.1.1. Empalme por fusión | xx |
| 1.11.1.2. Empalme mecánico | xxi |
| 1.12. AMPLIFICADORES | xiii |
| 1.13. TRANSMISORES ÓPTICOS | xxiv |
| 1.14. RECEPTORES ÓPTICOS | xxv |
| 1.15. TIPOS DE TENDIDO | xxvi |
| 1.15.1. Tendido submarino | xxvi |
| 1.15.2. Tendido aéreo | xxviii |
| 1.15.3. Tendido terrestre | xxx |
| 1.16. EVOLUCIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA. | xxxii |
| 1.16.1. Coberturas más resistentes | xxxii |
| 1.16.2. Uso Dual (interior y exterior) | xxxii |
| 1.16.3. Mayor protección en lugares húmedos | xxxiii |
| 1.16.4. Protección anti-inflamable | xxxiv |
| 1.17. TIPOS DE ENLACES | xxxiv |
| 1.17.1. Enlace punto a punto | xxxiv |
| 1.17.2. Enlace punto a multipunto | xxxv |
| 1.18. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA. ... | xxxvi |
| 1.19. APLICACIONES DE LA FIBRA ÓPTICA | xl |

CAPITULO II

INGENIERÍA DE PROYECTO

| | |
|---|--------|
| 2. INGENIERIA DEL PROYECTO | xlili |
| 2.1. PLANTEAMIENTO | xlili |
| 2.2. DESCRIPCIÓN DEL TRAMO | xliv |
| 2.3. DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA | xliv |
| 2.3.1. Postacion en la ruta | xliv |
| 2.3.2. Características del cable de fibra óptica | xlvi |
| 2.3.2.1. Estructura del cable | xlvii |
| 2.3.2.2. Identificación de la fibra y tubo | xlviii |
| 2.3.3. Consideraciones necesarias para la Red Fibra Óptica | xlviii |
| 2.3.4. Especificación de accesorios para el tendido aéreo de la red fibra óptica | xliv |
| 2.3.5. Proceso del Tendido de Cables Aéreos Auto Soportados de Fibra Óptica | l |
| 2.3.5.1. Consideraciones para el tendido. | l |
| 2.3.5.2. Movilización de Personal y Equipos al Lugar de Trabajo. | l |

| | | |
|----------|--|-------|
| 2.3.5.3. | Herrajería | li |
| 2.3.5.4. | Montaje de la Red de Fibra Óptica. | li |
| 2.3.5.5. | La Norma La UIT en su recomendación L-35 (Instalación de cables de fibra óptica en redes de acceso) indica | lii |
| 2.3.5.6. | Las características mecánicas a considerarse | liii |
| 2.3.5.7. | Las condiciones ambientales que deben considerarse son | liii |
| 2.4. | INGRESOS DE FIBRA A LAS RBS TAMBO QUEMADO ,RBS LLANOS ,RBS JOLKE Y LA RBS ORURO SUR | liiii |
| 2.5. | SELECCIÓN DEL TIPO DE CAJAS EMPALME | lv |
| 2.6. | SELECCION DE BANDEJAS DE FIBRA OPTICA | lvi |
| 2.7. | SELECCION DE CONECTORES | lviii |
| 2.8. | PROCESO DE FUSION DE LA FIBRA OPTICA..... | lix |
| 2.8.1. | Consideraciones antes de la Fusión | lx |
| 2.8.2. | Proceso de Fusión. | lxiii |
| 2.9. | PROCESO DE CERTIFICACION DE LA FIBRA OPTICA ... | lxvii |
| 2.10. | CÁLCULOS PARA VER SI EL ENLACE ES FACTIBLE | lxx |
| 2.11. | ANÁLISIS DE TRÁFICO | lxxii |

CAPITULO III

IMPLEMENTACION DE SOFTWARE HARDWARE

| | | |
|--------|--|--------|
| 3. | CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL HARDWARE | lxxvii |
| 3.1. | CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | lxxvii |
| 3.2. | INSTALACIÓN FÍSICA DEL EQUIPO | lxxvii |
| 3.3. | INSTALACION DEL SOFWARE | lxxxii |
| 3.3.1. | Configuración atn 910 Tambo Quemado..... | lxxxiv |
| 3.3.2. | Configuración atn 910 llanos..... | lxxxvi |
| 3.3.3. | Configuración atn 910 jolke | lxxxix |
| 3.3.4. | Configuración atn 910 Oruro sur | xcii |

CAPITULO IV

EVALUACION DE COSTOS

| | | |
|------|---|------|
| 4. | EVALUACION DE COSTOS | xcv |
| 4.1. | MATERIAL A USAR PARA EN EL ENLACE DE FIBRA OPTICA | xcv |
| 4.2. | COSTOS UNITARIOS | xcvi |
| 4.3. | COSTOS TOTALES | c |

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | | |
|------|--------------------------------------|-------|
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | cviii |
| 5.1. | CONCLUSIONES | cviii |
| 5.2. | RECOMENDACIONES | cvix |

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA Y ANEXOS

| | |
|--|--------------|
| 6. CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA Y ANEXOS | cxi |
| 6.1. BIBLIOGRAFÍA..... | cxi |
| 6.2. ANEXOS | cxiii |

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

MARCO TEORICO: FUNDAMENTOS DE LA FIBRA OPTICA

| | |
|--|--------|
| Figura 1.1 Características de la Fibra Óptica | v |
| Figura 1.2 Efecto de la capa de amortiguación en la reducción de micro curvaturas | viii |
| Figura 1.3 Causas que representan las perdidas en la fibra óptica | ix |
| Figura 1.4 Esparcimiento de RAYLEIGH | x |
| Figura 1.5 Ancho de banda de la relación a índice de refracción con la longitud de onda | xi |
| Figura 1.6 Representación del ensanchamiento de pulso | xii |
| Figura 1.7 dispersión modal | xiii |
| Figura 1.8 Tipo de conectores | xiv |
| Figura 1.9 Conector FC | xiv |
| Figura 1.10 Conector LC | xv |
| Figura 1.11 Conector SC | xv |
| Figura 1.12 Conector ST | xvi |
| Figura 1.13 Fibra de índice escalonado y gradual | xvii |
| Figura 1.14 Fibra Monomodo | xix |
| Figuras 1.15 Empalme por fusión | xxi |
| Figura 1.16 Empalme mecánico | xxii |
| Figura 1.17 Cajas de empalme tipo Mondragón | xxii |
| Figura 1.18 Esquema interno de un amplificador EDFA | xxiv |
| Figura 1.19 Tendido submarino | xvii |
| Figura 1.20 Métodos de tendido aéreo | xxx |
| Figura 1.21. El sistema trenchless | xxxi |
| Figura 1.22 La cubierta de fibra óptica | xxxii |
| Figura 1.23 Uso Dual | xxxiii |
| Figura 1.24 Cable relleno de gel | xxxiii |
| Figura 1.25 Protección anti-inflamable | xxxiv |

CAPITULO II

INGENIERÍA DE PROYECTO

| | |
|--|-------|
| Figura 2.1 Tramo sugerido Tambo Quemado - Oruro | xlili |
| Figura 2.2 Distancia total del enlace de fibra óptica | xliv |
| Figura 2.3 Primera postacion de Poste Concreto | xlvi |
| Figura 2.4 fibra monomodo | xlvii |
| Figura 2.5 tendido aéreo | li |
| Figura 2.6 Desplazamiento de bobina | lii |
| Figura 2.7 Esquema de ingreso de la radio base | liv |

| | |
|--|--------|
| Figura 2.8 Esquema de ingreso externo de la rbs | lv |
| Figura 2.9 Caja de Empalme Focs 500 | lvi |
| Figura 2.10 Bandejas de fibra óptica | lvii |
| Figura 2.11 Selección del tipo de conector FC | lviii |
| Figura 2.12 Desenchaquetado de la fibra óptica | lx |
| Figura 2.13 descubrimiento del tubo de fibra óptica | lxi |
| Figura 2.14 pelado de los hilos de fibra óptica | lxii |
| Figura 2.15 corte de fibra óptica | lxii |
| Figura 2.16 Fusionadora Fujikura FSM-60S | lxiii |
| Figura 2.17 Cajas de empalme y bandejas fusionadas | lxvi |
| Figura 2.18 bandejas de fibra óptica | lxvii |
| Figura 2.19 Equipo OTDR | lxviii |
| Figura 2.20 Traza de una Trayectoria de F.O. PERFECTA | lxix |
| Figura 2.21 Trazo de la certificaron con OTDR | lxix |
| Figura 2.22 Trafico generado en la ciudad de Oruro | lxxii |

CAPITULO III

IMPLEMENTACION DE SOFTWARE Y HARDWARE

| | |
|---|---------|
| Figura 3.1 Atn 910 | lxxvii |
| Figura 3.2 Fijación del equipo Atn -910 | lxxviii |
| Figura 3.3 tarjeta de instalación Atn 910 | lxxviii |
| Figura 3.4 alimentación de energía | lxxix |
| Figura 3.5 transeiver monomodo | lxxix |
| Figura 3.6 pach cord fc /lc | lxxx |
| Figura 3.7 pach cord lc/lc | lxxx |
| Figura 3.8 esquema físico de los enlaces | lxxxii |
| Figura 3.9 cable de consola | lxxxii |
| Figura 3.10 conversor usb- serial | lxxxii |
| Figura 3.11 ventana tera term | lxxxii |
| Figura 3.12 ventana de selección del tera term | lxxxiii |

INDICE DE TABLAS

CAPITULO II

INGENIERÍA DE PROYECTO

| | |
|---|--------|
| Tabla 2.1 Cantidad de postacion | xliv |
| Tabla 2.2 Código de colores de la Fibra Óptica | xlviii |
| Tabla 2.3 Características del tramo Tambo Quemado-Oruro | xlviii |
| Tabla 2.4 Ferretería de Aria Poste | xliv |
| Tabla 2.5 Ferretería para Cruce Aéreo y Mural | xliv |
| Tabla 2.6 cantidad de bobinas de fibra | l |
| Tabla 2.7 Cantidad de bandejas de fibra óptica | lvii |
| Tabla 2.8 datos técnico conector FC | lviii |
| Tabla 2.9 cantidad de fusiones | lix |
| Tabla 2.10 material de fusión | lix |
| Tabla 2.11 herramientas de fusión | lxiv |
| Tabla 2.12 Proceso de fusión de la fibra optica | lxvi |
| Tabla 2.13 Equipos de Certificación de FO..... | lxviii |
| Tabla 2.14 Pérdidas de los tramos | lxx |
| Tabla 2.15 Datos técnico Huawei ATN-910..... | lxxi |
| Tabla 2.16 trafico generado hasta 2015..... | lxxii |
| Tabla 2.17 alcance de tráfico a futuro | lxiii |
| Tabla 2.18 demanda 2023 | lxxiv |

CAPITULO III

IMPLEMANTACION DE SOFTWARE Y HARDWARE

| | |
|----------------------------------|-------|
| Tabla 3.1 Asignación de ip | lxxiv |
|----------------------------------|-------|

CAPITULO IV

EVALUACION DE COSTOS

| | |
|---|-------|
| Tabla 4.1 material externo | xcv |
| Tabla 4.2 material interno | xcvi |
| Tabla 4.3 costo unitario material externo..... | xcvii |
| Tabla 4.4 costo unitario material externo..... | xcvii |
| Tabla 4.5 costo de instalación del material externo..... | xcix |
| Tabla 4.6 costo unitario por empalme | xcix |
| Tabla 4.7 Costo unitario de instalación de material interno | c |
| Tabla 4.8 costo unitario por certificación | c |
| Tabla 4.9 costo total material externo | ci |
| Tabla 4.10 costo total material interno..... | cii |

| | |
|---|------|
| Tabla 4.11 costo total de instalación del material externo | ciii |
| Tabla 4.12 costo total por empalme | ciii |
| Tabla 4.13 Costo total de instalación de material interno | civ |
| Tabla 4.14 costo total por certificación | cv |
| Tabla 4.15 Costo total por permisos | cv |
| Tabla 4.16 Costo total por transporte y personal | cv |
| Tabla 4.17 costo totales sumados | cvi |

RESUMEN DEL PROYECTO

En el presente proyecto de grado, se pretende establecer el diseño de una red de comunicación óptima y segura entre las localidades de Tambo Quemado y la ciudad de Oruro, mediante una red de redundancia para la red de fibra óptica de la empresa Telecel s.a.

Se pretende realizar primeramente una evaluación del tipo de terreno, una evaluación del trayecto sugerido, tomando en cuenta todos los datos para establecer un diseño en base a lo visto en el terreno.

Luego se realizara el enlace, entre la localidad de Tambo Quemado con la ciudad de Oruro en base a fibra óptica se tomara los recaudos correspondientes para realizar el tendido de la fibra óptica, como ser la cantidad de los materiales para ese trayecto la ferretería correspondiente en todo lo que será el enlace físico en la ruta de Tambo quemado con la ciudad de Oruro.

Una vez teniendo el enlace físico se procederá a la selección de los equipos transmisores y receptores, en ambos lados del enlace de fibra óptica.

Lo que se busca con el presente proyecto, es solucionar la perdida de datos e información que se genero por las interrupciones en la red actual de la empresa Telecel s.a. para la ciudad de Oruro

INTRODUCCION

En la actualidad la empresa Telecel s.a. cuenta con una red de fibra óptica, para la transmisión del servicio de internet hacia la ciudad de Oruro, esta red se conecta con los dos tramos internacionales, las cuales vienen de dos distintas localidades una por Desaguadero que es la conexión con Perú y la conexión por Tambo Quemado que ingresa por Chile.

Ambas conexiones internacionales pasan por la localidad de Patacamaya y se dirigen por el trayecto vía carretera a La Paz -Oruro al departamento de Oruro.

Actualmente la red de fibra óptica de la empresa Telecel s.a. para la ciudad de Oruro se encuentra deteriorada con el tiempo y con los trabajos que se han realizado por la construcción de la doble vía La Paz – Oruro, estos aspectos han logrado generar demasiadas interrupciones en la transmisión de datos por parte de la empresa Telecel s.a. el cual a estado sujeto a multas por parte de la Autoridad de Transporte y Telecomunicaciones ATT.

Con el presente proyecto se pretende establecer una red segura de datos y permitirá realizar el mantenimiento respectivo de la red actual sin la necesidad de hacer una interrupción del servicio de datos, se establecerá una ruta directa desde el proveedor de servicio de datos hacia el departamento de Oruro

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS

- Debido a la construcción de la doble vía La Paz a Oruro la red de fibra óptica troncal de la empresa de Telecel s.a. ha sido en muchas ocasiones dañada por parte de las empresas constructoras.
- El deterioro y el daño ocasionado a la red fibra óptica generan la interrupción de los servicios de telecomunicaciones.
- Cada interrupción de la red de fibra óptica solucionado a generado una perdida adicional en el trayecto de la red troncal de la empresa Telecel s.a.
- No se cuenta con una red de redundancia adecuada para el servicio de internet ya que las dos conexiones internacionales con las que cuenta la empresa Telecel s.a. pasan por la ciudad de La Paz tanto la conexión por Desaguadero Perú y la otra por Tambo Quemado Chile.
- La empresa Telecel s.a. debido a las constantes interrupciones en el trayecto La Paz -Oruro a estado sujeta a multas por parte de la Autoridad de Transporte y Telecomunicaciones ATT.
- La pérdida de potencia generada por los deterioros en trayecto de la red de fibra óptica troncal genera aumento de la potencia en la transmisión de datos en las radio bases atreves del trayecto.
- Se genera un presupuesto adicional para mantenimiento de la red fibra óptica.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Como objetivo general en el presente proyecto, es el de realizar el diseño de un enlace de fibra óptica que sirva como una red redundancia para la ciudad de Oruro para la empresa Telecel s.a.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el diseño de un enlace de fibra óptica, considerando una ruta alternativa a la red principal de fibra óptica con la que cuenta la empresa Telecel s.a.
- Establecer un nodo central o punto de distribución en la localidad de Tambo Quemado que sirva para la recepción y transmisión de datos a la ciudad Oruro.
- Determinar las pérdidas de atenuación adecuadas en el trayecto propuesto en el presente proyecto, tanto en los conectores como en la transmisión, recepción y en las fusiones intermedias en la red las cuales permitirán valores óptimos para el diseño.
- Realizar una evaluación costos.

JUSTIFICACION

- Es necesario una ruta alternativa para el trayecto de la red fibra óptica troncal para la reducción de pérdida de datos.
- Permitirá atender cualquier corte o deterioro de la red de fibra óptica con el debido tiempo.
- Permitirá la reducción de riesgo de multas por parte de la Autoridad de Transporte y Telecomunicaciones ATT en caso de algún corte.
- Se establecerá una conexión segura para la ciudad de Oruro que permitirá establecer mayor seguridad con respecto a la pérdida de datos en el departamento de Oruro.
- Permitirá una estabilidad para toda la red.



DELIMITACIONES

TEMPORAL

Con respecto al diseño de la red redundancia para la ciudad de Oruro para la empresa Telecel s.a. se debe de considerar dos tiempos de duración, uno para la parte del diseño, permisos correspondientes y el segundo para la parte de implementación y pruebas y certificación del enlace.

ESPACIAL

La implementación se realizara en el trayecto Tambo Quemado - Oruro, en los cuales deberemos de considerar postacion existente y postacion nueva, también consideraremos el tipo de terreno para el trayecto para ver el tipo de tendido y establecer el nodo principal en la localidad de tambo y el otro se encontrara en la ciudad de Oruro.

TEMÁTICA

Para la implementación de la red de redundancia para la transmisión de datos cabe indicar que no se está utilizando un sistema de última generación, sino se trata de implementar una solución a un problema con simplicidad en base a un dimensionamiento y un diseño por una ruta alternativa que permita mayor seguridad para la línea troncal de la transmisión de datos por parte de la empresa Telecel s.a. hacia la ciudad de Oruro

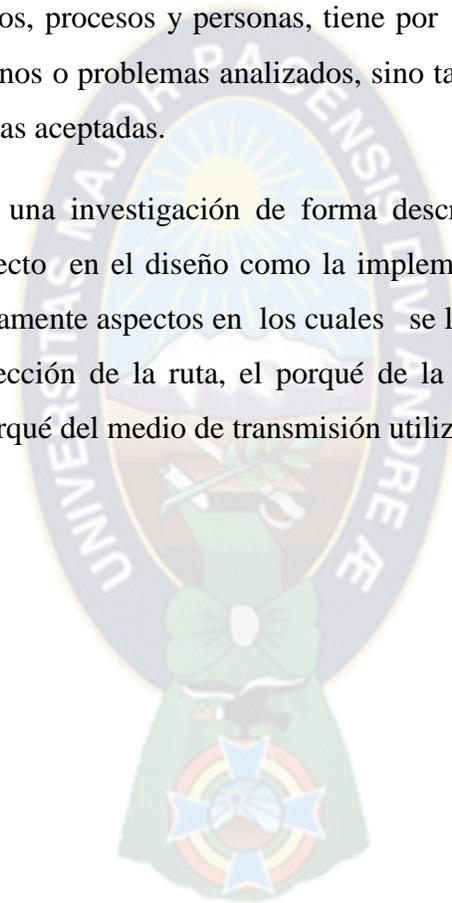
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación

La Investigación Descriptiva

Este tipo de investigación que procura determinar cuál es la situación, ver lo que hay. Describir cual es el asunto o condición sobre un asunto o problema, llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas, tiene por objetivo no sólo determinar el estado de los fenómenos o problemas analizados, sino también en comparar la situación existente con las pautas aceptadas.

Se pretende realizar una investigación de forma descriptiva para poder realizar una descripción del proyecto en el diseño como la implementación del mismo para poder analizar más profundamente aspectos en los cuales se llegaran a desarrollar lo que será el porqué de la selección de la ruta, el porqué de la selección de los equipos en el proyecto, como el porqué del medio de transmisión utilizados para el proyecto.





CAPITULO I
MARCO TEORICO
FUNDAMENTOS DE LA
FIBRA OPTICA

4. FUNDAMENTOS DE LA FIBRA OPTICA

4.1. INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología cada día han ido evolucionando, logrando construir medios de comunicación capaces de ajustarse a la demanda actual del mercado y proyectarse a futuro.

La comunicación es una necesidad para todas las personas, hoy en día se ha logrado una evolución asombrosa no solo transmitiendo la información en un medio conductor, inalámbrico, sino logrando enviar información mediante ondas de luz dentro de un material dieléctrico cubriendo las falencias que medios citados anteriormente poseen en la actualidad.

Las ondas de luz, al igual que las de radio, son una forma de energía electromagnética, y la idea de transmitir información por medio de la luz, como portadora, tiene más de un siglo de antigüedad.

Hacia 1880, antes de la invención del teléfono, Alexander G. Bell construyera el llamado fotófono, que enviaba mensajes vocales a corta distancia por medio de la luz. Sin embargo, esa aplicación de las ondas luminosas no fue posible por la falta de fuentes de luz adecuadas y de un medio de propagación con pocas pérdidas.

En 1960 se volvió a tomar cuerpo la idea de utilizar la luz como soporte de comunicaciones confiable con la invención y construcción del laser esto estimuló la exploración de las comunicaciones ópticas como un soporte de grandes flujos de información

El empleo de las fibras de vidrio como medio guía no tardó en resultar atractivo: tamaño, peso, facilidad de manejo, flexibilidad y costo.

En 1976 tuvo lugar un destacado evento, investigadores japoneses de la NTT y de Fujikura, obtuvieron fibras con 0.47 ± 0.1 dB/Km en 1.3 y 1.5 μm , muy cerca ya del límite debido a los factores intrínsecos de atenuación que introduce una atenuación inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda.

(1977) también pudo fabricarse un LED de ese mismo material.

Hoy tanto el LED como el láser, fabricados con este material, están comercialmente disponibles. En lo que se refiere a los fotodetectores, los diodos PIN y los fotodiodos de avalancha basados en silicio fueron desarrollándose sin dificultad, ya que éstos ofrecían buenas características.

En poco más de 10 años la fibra óptica se ha convertido en una de las tecnologías más avanzadas que se utilizan como medio de transmisión de información.

Este novedoso material vino a revolucionar los procesos de las telecomunicaciones en todos los sentidos, desde lograr una mayor velocidad en la transmisión y disminuir casi en su totalidad los ruidos y las interferencias hasta multiplicar las formas de envío en comunicaciones y recepción.

Los costos de instalación y mantenimiento para grandes y medias distancias son menores que los que se derivan de las instalaciones de cables eléctricos.

4.2. FIBRA ÓPTICA

A continuación presentamos algunos conceptos de fibra óptica

- Una fibra llega a ser un conductor óptico de forma cilíndrica que consta del núcleo, un recubrimiento que tienen propiedades ópticas diferentes de las del núcleo y la cubierta exterior que absorbe los rayos ópticos y sirve para proteger al conductor del medio ambiente
- La fibra o varilla de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales) que se emplea para transmitir luz. Cuando la luz entra por uno de los extremos de la fibra, se transmite con muy pocas pérdidas incluso aunque la fibra esté curvada.
- Es un filamento de vidrio sumamente delgado y flexible (de 2 a 125 micrones) que llega a ser capaz de conducir rayo ópticos. Las fibras ópticas poseen

capacidades de transmisión enormes, del orden de miles de millones de bits por segundo.

- Material transparente cubierto por un revestimiento transparente que tiene un coeficiente de refracción menor, ambos normalmente de fibra. Debido a esta disposición, pueden transmitirse rayos de luz a través de ella.
- Cilindro o núcleo de material dieléctrico transparente rodeado por un segundo material dieléctrico. Para poder propagar luz, el índice de refracción del material del núcleo es mayor que el del material que lo cubre.

4.3. COMPOSICIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA

La composición del cable de fibra óptica consta de un núcleo, un revestimiento y una cubierta externa protectora. El núcleo es el conductor de la señal luminosa y su atenuación es despreciable.

La señal es conducida por el interior del núcleo fibroso sin poder escapar a las reflexiones internas y totales que se producen, impidiendo tanto el escape de energía hacia el exterior como la adición de nuevas señales externas

Los 3 componentes de la fibra son:

- a) Núcleo (Core): llega a ser la parte más interna de la fibra es el lugar donde se propagan las ondas ópticas. Puede estar constituido por sílice, cuarzo fundido o plástico de alto índice de refracción, en el cual se propagan los rayos de luz.
- b) Cubierta(Cladding): Generalmente están constituidas por los mismos materiales del núcleo pero con índice de refracción menor , la permitividad relativa de esta es ligeramente menor por menos de 1% que la permitividad del núcleo, permitiendo así que las ondas electromagnéticas se propaguen a lo largo de la fibra por reflexiones internas sucesivas.
- c) Revestimiento de protección: Por lo general está fabricado en plástico Kevlar, para protección mecánica de las frágiles fibras.

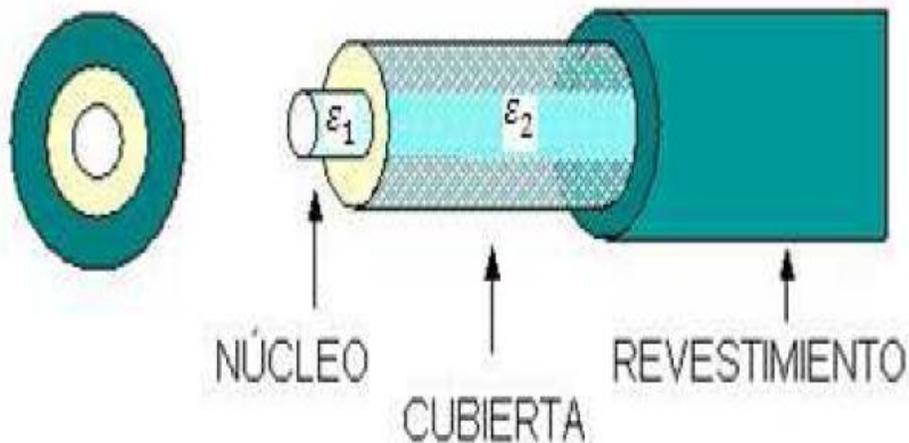


Figura 1.1 Características de la Fibra Óptica

Fuente: propia

4.4. NORMATIVA DE LA FIBRA ÓPTICA

En fibra óptica existen normativas las cuales están establecidas por la UIT (Unión Internacional de telecomunicación) tanto para la fibra monomodo y multimodo.

- monomodo g-652, g-655, g-657
- multimodo g-651

4.4.1. UIT-T G-651

En la recomendación UIT-T G-651. Fibras Ópticas Monomodo Pueden Transmitir un solo Rayo Poseen un gran ancho de banda, limitado por la dispersión cromática. Tamaño del núcleo de 7 a 11 micrómetros.

4.4.2. UIT-T G-652

Estándar de dispersión no desplazada Monomodo UIT-T G-652 Región de 1310nm de longitud de onda. También puede ser utilizado en la región de 1550nm Presenta cero de dispersión (0.092ps/nm²*Km) Es la fibra óptica más comercializada.

Su limitante es la dispersión cromática que afecta la región donde opera la CWDM Adecuada para multiplexión para división de longitud de onda gruesa(CWDM) Es adaptable a las redes dorsales, corrigiendo la dispersión cromática por equipos de transmisión DWDM Fibra de dispersión desplazada no nula (NZDSF).

4.4.3. UIT-T G-655

Monomodo UIT-T G-655 Optimizada para operar en la banda de 1550nm moviendo la longitud de onda de dispersión cero fuera de la ventana de operación de 1550nm. El efecto práctico de esto es tener una cantidad pequeña pero finita de dispersión cromática en 1550nm, Permite la operación de equipos sin necesidad de emplear dispositivos compensadores de dispersión.

4.4.4. UIT-T G-657

Diseñada para redes de acceso Monomodo UIT-T G-657 Introduce dos categorías de fibras monomodo G-657 A y B La categoría A es Compatible con las fibras monomodo UIT-T G-652 Categoría B no es necesariamente compatible con UIT-T G-652, pero es capaz de tener bajos valores de pérdidas.

Es predominantemente para uso en las redes de acceso. Adecuado para ser utilizado en los 850nm o 1300nm región. Es la fibra más utilizada en despliegues de FTTH (FTTx)

4.4.5. UIT-T G-651

Multimodo UIT-T G-651.1 Alternativamente puede ser utilizado en regiones de longitud de onda simultanea Apoyan la aplicación basada en Ethernet en sistemas con velocidades de transmisión que van hasta 1 Gbit / s, ya sea en los 850 nm o 1300 nm en las longitud de onda de ventana. Para el 1 Gbit / s sistemas, la longitud de enlace es de 550 m tanto a 850 nm

4.5. VENTAJAS DE LA NORMAS DE FIBRA ÓPTICA

4.5.1. Ventajas fibra óptica monomodo UIT G-652 / G-655 / G-657 1.

- Se adapta mejor a distancias por debajo de los 2 km.
- El ancho de banda es más dependiente de su longitud.
- El equipo óptico para fibra multimodo es generalmente más económico que el de monomodo.
- Es más caro que el cable de fibra óptica monomodo, pero a cortas distancias el ahorro en el equipo óptico equilibra el coste.
- Adecuada para longitudes de onda 850 y 1310

4.5.2. Ventajas fibra óptica multimodo UIT-T G-651

- Los cables multimodo son menos costosos de operar, instalar y mantener que los cables monomodo. Sin embargo, son mucho más limitados en tanto la velocidad y la distancia.
- Por ejemplo, la velocidad máxima de un cable multimodo es de 10 GB en OM3, pero sólo hasta una distancia de 300 metros.
- Hasta 2 kilómetros, sólo es capaz de transmitir a 100 Megabit. Más allá de eso, su velocidad de transferencia se convierte en insignificante.
- La propagación de los modos de este tipo de fibra es diferente según el tipo de índice de refracción del núcleo.
- El índice es constante en todo el núcleo, lo que da lugar a una gran dispersión modal.
- Gradiente de índice: el índice es diferente ya que el núcleo está formado por diferentes materiales. En este caso la dispersión modal es menor.
- Por esto que acabamos de ver, como la fibra multimodo soporta más de un modo de propagación se ve limitada por la dispersión modal.

- Por otro lado, conviene señalar que las características de las fibras multimodo dependen radicalmente de las condiciones de inyección de potencia (de la excitación de modos).

4.6. ATENUACIÓN EN LA FIBRA ÓPTICA

Las atenuaciones que se presentan la fibra óptica se dan por distintos factores en los cuales mencionaremos algunos

4.6.1. Pérdidas por la constitución de la fibra

La atenuación de una señal de luz, cuando se propaga a lo largo de la fibra, es de vital importancia en el diseño de un sistema de comunicación óptico, debido a que juega un papel importante en la determinación de la máxima distancia de transmisión entre el transmisor y el receptor dependiendo mucho en su constitución y fabricación.

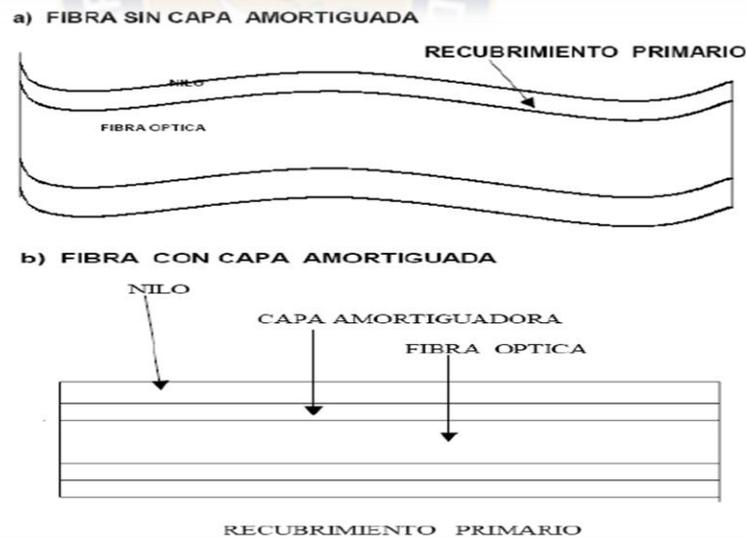


Figura 1.2 Efecto de la capa de amortiguación en la reducción de micro curvaturas

Fuente: <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10501/Topicos%20selectos%20de%20fibra%20optica.pdf?sequence=1>

4.6.2. Pérdidas por absorción

Estas son producidas por impurezas indeseadas en el material de la fibra óptica y solo tiene consecuencias en determinadas longitudes de onda. La absorción se produce por dos situaciones diferentes:

a) Absorción Intrínseca del material.

La absorción intrínseca está relacionada con el material básico de la fibra (por ejemplo, dióxido de silicio puro SiO_2), y resulta como consecuencia de la absorción en la región ultravioleta y la región cercana a la infrarroja.

b) Absorción de impurezas

La presencia de impurezas (iones OH) en la fibra, producen grandes pérdidas de absorción, por esta razón, en la fabricación de fibras, la concentración de iones OH debe ser tan baja como sea posible

4.6.3. Pérdidas de esparcimiento de RAYLEIGH

El esparcimiento de Rayleigh se origina por fluctuaciones térmicas y fluctuaciones composicionales del material de la fibra. Cuando la luz se propaga a través de un material no homogéneo la luz se refleja en otras direcciones

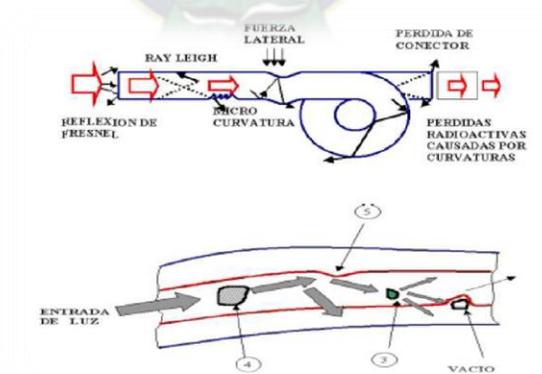


Figura 1.3 Causas que representan las pérdidas en la fibra óptica

Fuente: <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10501/Topicos%20selectos%20de%20fibra%20optica.pdf?sequence=1>

Este fenómeno, llamado esparcimiento de Rayleigh, se produce cuando la luz encuentra en su camino partículas extrañas al medio continuo, cuyo diámetro es mucho mayor que la longitud de onda de la señal. La difracción resultante absorbe parte de la energía de la señal y produce una pérdida de energía que decrece exponencialmente con la cuarta potencia de la longitud de onda. Las pérdidas por este efecto son las de mayor influencia para longitudes de onda desde los 400 a 1100 nm.

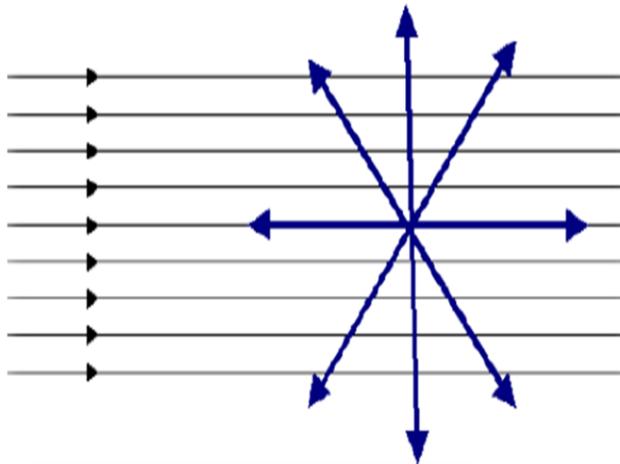


Figura 1.4 Esparcimiento de RAYLEIGH

Fuente: <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10501/Topicos%20selectos%20de%20fibra%20optica.pdf?sequence=1>

4.6.4. Pérdidas por radiación

Las pérdidas por radiación se producen en aquellos lugares donde la fibra presenta curvaturas de radio finito. Las fibras pueden estar sometidas a dos tipos de curvaturas.

- a) Curvaturas que tienen radios mayores que los comparados con el diámetro de las fibras, estas aparecen cuando el cable de fibra dobla una esquina.
- b) Curvaturas microscópicas aleatorias del eje de la fibra que pueden formarse cuando la fibra es colocada dentro de los cables o, cuando el cable de fibra es instalado.

4.7. DISPERSIONES EN LA FIBRA ÓPTICA

Una señal óptica comienza a distorsionarse a medida que viaja a lo largo de la fibra. Esta distorsión resulta de la dispersión intramodal y modal.

4.7.1. Dispersión intramodal

La dispersión intramodal está constituida por dispersión material y dispersión guía onda.

4.7.1.1. Dispersión material

Esta causa el ensanchamiento temporal de los impulsos en la fibra, debido a la dependencia del índice de refracción del vidrio con la longitud de onda y además por la anchura espectral de las fuentes ópticas utilizadas en la práctica no es nula así se puede observar la relación Índice de refracción Vs. Longitud de onda .

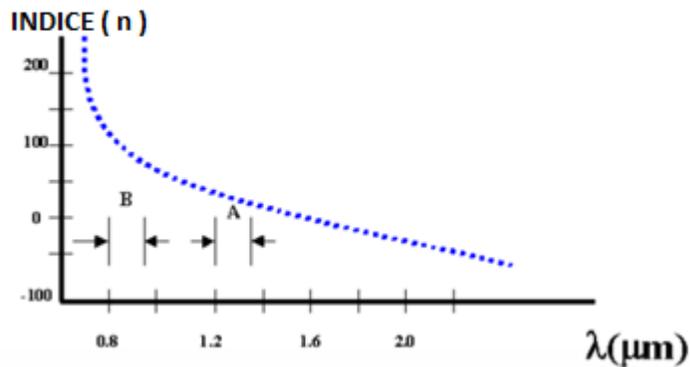


Figura 1.5 Ancho de banda de la relación a índice de refracción con la longitud de onda

Fuente: <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10501/Topicos%20selectos%20de%20fibra%20optica.pdf?sequence=1>

4.7.1.2. Dispersión guía – onda

Su origen físico la contribución al ensanchamiento de los impulsos ópticos al viajar por la fibra a causa del material es totalmente unido a la de la estructura geométrica y óptica

de la guía-onda. Ambas son proporcionales a la longitud del enlace y a la anchura espectral de radiación del emisor óptico. En la práctica la dispersión debida al guía-onda solo tiene peso en las fibras monomodo

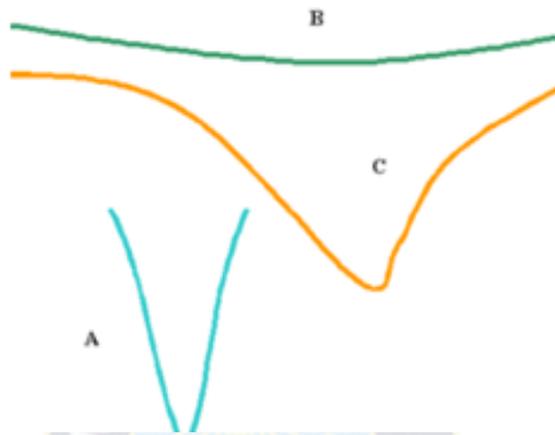


Figura 1.6 Representación del ensanchamiento de pulso

Fuente: <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10501/Topicos%20selectos%20de%20fibra%20optica.pdf?sequence=1>

4.7.2. Dispersión modal

Esta dispersión se origina debido a que cada uno de los modos que se propagan por la guía-onda pueden seguir una trayectoria distinta en el interior del núcleo como además la velocidad de la luz en cada punto depende del índice de refracción, los modos de propagación sufren retardos relativos que dan lugar a un ensanchamiento temporal de los impulsos de luz.

Estos factores limitan el ancho de banda de cada fibra como resultado de la dispersión, la señal inducida se distorsiona debido al ensanchamiento del pulso de la luz, como se muestra a continuación.

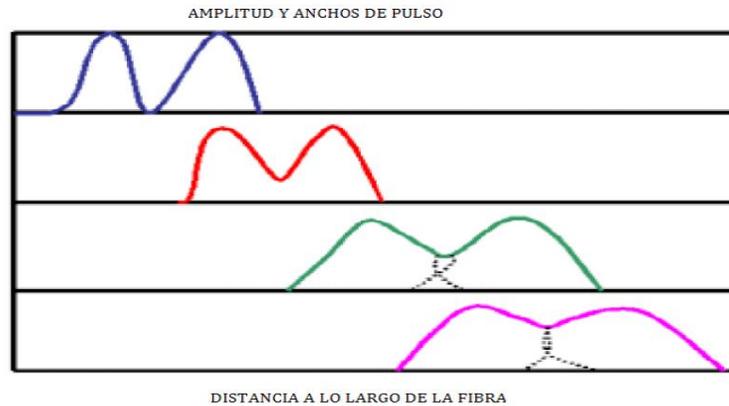


Figura 1.7 dispersión modal

Fuente: <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10501/Topicos%20selectos%20de%20fibra%20optica.pdf?sequence=1>

Este ensanchamiento temporalmente crea un trasplante de pulso sobre los pulsos vecinos (ver Figura 1.7), por lo tanto, después de que un cierto número de trasplantes haya ocurrido los pulsos laterales no podrán ser reconocidos individualmente en el receptor, ocurriendo con estos errores en la transmisión de señales, así las propiedades dispersivas determinan los límites de la capacidad de información de la fibra.

Una medida de la capacidad de información de una guía-onda óptica es normalmente especificada por el ancho de banda-distancia MHz-Km.

El ancho de banda de la fibra óptica puede ser definido en términos del ancho de banda de 3dB, el cual es la frecuencia de modulación a la cual la potencia óptica ha caído a un medio de la frecuencia de modulación cero.

4.8. TIPOS DE CONECTORES

Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor. Los tipos de conectores disponibles son muy variados, entre los que podemos encontrar se hallan los siguientes:

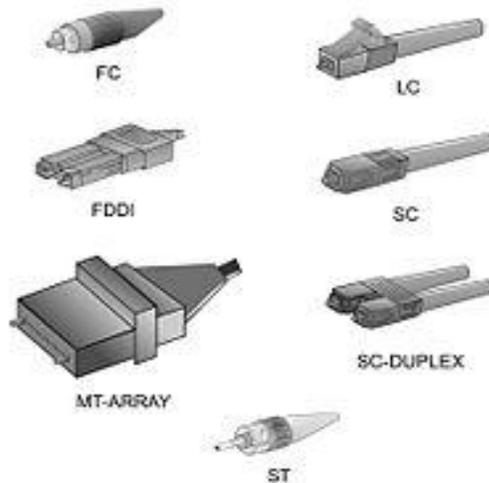


Figura 1.8 Tipo de conectores

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Tipos_conectores_fibra_optica

4.8.1. Conector FC

Fue uno de los más populares conectores monomodo en los últimos años utilizados por la telefónica y otras compañías telefónicas. hay que tener la precaución de alinearlos en la ranura llave antes de fijarlo .

La fijación se efectúa roscando el conector sobre la hembra correspondiente y se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.

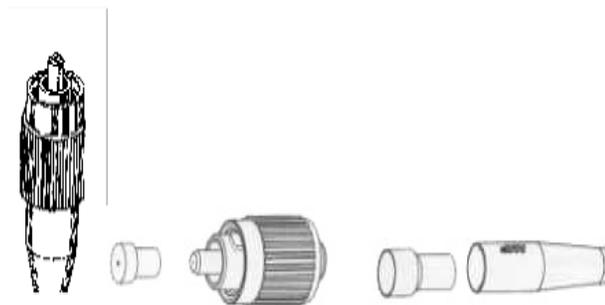


Figura 1.9 Conector FC

Fuente: [http://asanmon.webcindario.com/Archivos\(2\)/Fibra.pdf13](http://asanmon.webcindario.com/Archivos(2)/Fibra.pdf13)

4.8.2. Conector LC y MT-Array

Es uno de los conectores desarrollado especialmente por lucent con formato RJ45. Presenta polarización existen varias versiones simplex, dúplex y pueden colocarse en paneles RJ45 estándar se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.

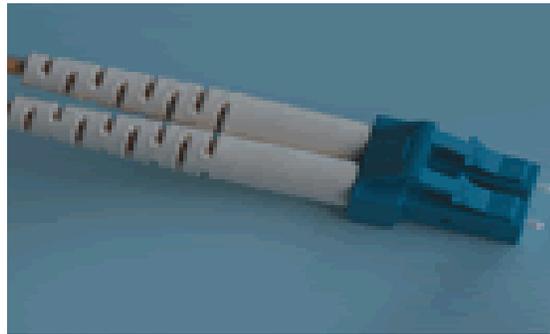


Figura 1.10 Conector LC

Fuente: [http://asanmon.webcindario.com/Archivos\(2\)/Fibra.pdf13](http://asanmon.webcindario.com/Archivos(2)/Fibra.pdf13)

4.8.3. Conector SC y SC-Dúplex

Es el conector especificado por las normativas internacionales y por EIA/TIA 568, tiene un costo más elevado que el conector ST , pero compensa por la facilidad de uso se trata de un conector de presión disponible en configuración simplex y dúplex . El diámetro de la férula es de 2'5mm los conectores están provistos de un sistema de cierre por simple presión con trinquete, del tipo " push-pull" y es utilizado para la transmisión de datos.



Figura 1.11 Conector SC

Fuente: [http://asanmon.webcindario.com/Archivos\(2\)/Fibra.pdf13](http://asanmon.webcindario.com/Archivos(2)/Fibra.pdf13)

4.8.4. Conector ST o BFOC

Fue el conector más popular para las redes multimodo es un conector de tipo bayoneta con un férula cilíndrico .pueden tener el férula cerámico o de plástico. El diámetro de la férula es de 2'5mm son fácil mente reconocidos por su cuerpo recubierta con un aro con perfil helicoidal de bloque a entalladura y se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.

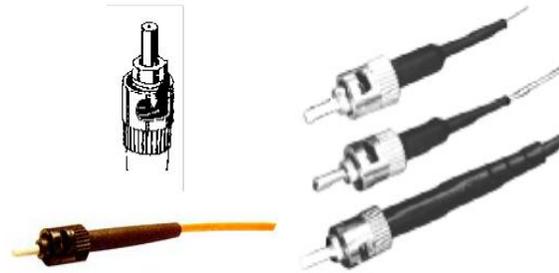


Figura 1.12 Conector ST

Fuente: [http://asanmon.webcindario.com/Archivos\(2\)/Fibra.pdf](http://asanmon.webcindario.com/Archivos(2)/Fibra.pdf)13

4.9. TIPOS DE PULIDO

Los extremos de la fibra necesitan un acabado específico en función de su forma de conexión. Los acabados más habituales son:

- Plano: Las fibras se terminan de forma plana perpendicular a su eje.
- PC: (Physical Contact) Las fibras son terminadas de forma convexa, poniendo en contacto los núcleos de ambas fibras.
- SPC: (Super PC) Similar al PC pero con un acabado más fino. Tiene menos pérdidas de retorno.
- UPC: (Ultra PC) Similar al anterior pero aún mejor.
- Enhanced UPC: Mejora del anterior para reducir las pérdidas de retorno.
- APC: (Angled PC) Similar al UPC pero con el plano de corte ligeramente inclinado. Proporciona unas pérdidas similares al Enhanced UPC.

4.10. TIPOS DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA

En la fibra óptica existen dos tipos de cable que veremos más comúnmente entre ellos:

- Fibra monomodo
- Fibra multimodo

4.10.1. Fibra multimodo

La fibra de multimodo, la primera en ser comercializada y fabricada, es la fibra en la que muchos modos o rayos de luz son llevados simultáneamente a través de una guía de ondas.

Se dice que son modos debido a que la luz solo se propagará en el núcleo de la fibra en ángulos que estén dentro del cono de aceptación.

Este tipo de fibra tiene un diámetro nuclear mucho más grande, comparado con las fibras de monomodo, lo que permite una gran cantidad de modos y además son más fáciles de conectar. Las fibras multimodo pueden clasificarse en fibras de índice escalonado o fibras de índice gradual.

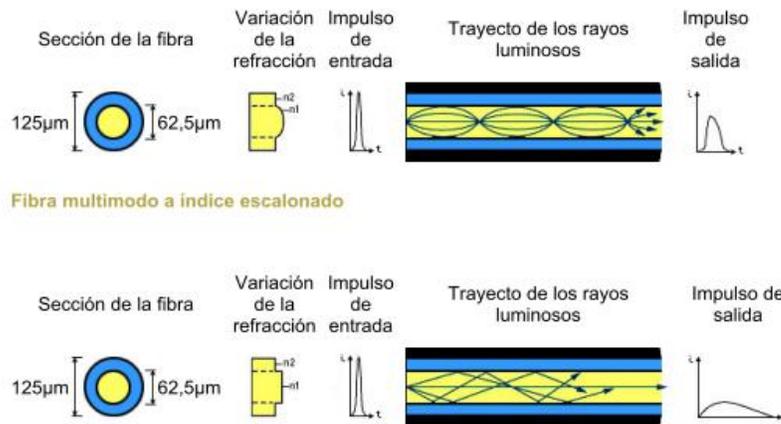


Figura 1.13 Fibra de índice escalonado y gradual

Fuente: http://usuarios.lycos.es/Fibra_Optica/comparacion.htm

Debido a que el índice de refracción del núcleo es más alto que el índice de refracción del revestimiento, la luz que entra en un ángulo menor que el ángulo límite se refracta a lo largo de la fibra.

Hay tres ondas de luz diferentes viajan a través de la fibra:

- Un modo viaja por el centro del núcleo.
- Un segundo modo viaja en un ángulo agudo y rebota por la reflexión interna total.
- El tercer modo sobrepasa el ángulo límite y se refracta hacia el revestimiento.

El segundo modo viaja a distancias más largas que el primer modo, causando que los modos lleguen en tiempos distintos. Esta disparidad entre los tiempos de llegada de los diferentes haces de luz se conoce como dispersión y el resultado es una señal confusa en el extremo receptor. Sin embargo, es importante destacar que la alta dispersión es una característica inevitable de la fibra multimodo de índice escalonado.

En la fibra multimodo de índice gradual, el índice de refracción del núcleo disminuye gradualmente a medida que se aleja del centro del núcleo. La refracción aumentada en el centro del núcleo baja la velocidad de algunos haces de luz, lo que permite que todos los rayos de luz lleguen al otro extremo al mismo tiempo, reduciendo la dispersión.

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.

Bajo OM3 se han conseguido hasta 2000 MHz km (10 Gbit/s), es decir, una velocidad 10 veces mayor que con OM1.

4.10.2. Fibra de monomodo

La fibra de monomodo permite una mayor capacidad para transmitir la información porque puede retener la fidelidad de cada pulso de luz a grandes distancias sin la dispersión causada por los múltiples modos. Además, la fibra de monomodo presenta menor atenuación de la fibra que la multimodo, por tanto, se puede transmitir más información en menos tiempo.

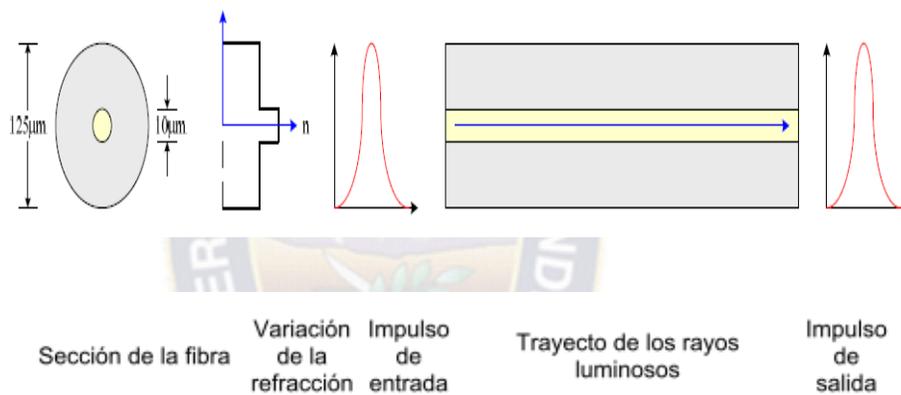


Figura 1.14 Fibra Monomodo

Fuente: http://usuarios.lycos.es/Fibra_Optica/comparacion.htm

Una clase importante de fibra monomodo es la fibra con polarización fija (PMF o Polarization-maintaining fiber). Todas las otras fibras ópticas monomodo que hemos mencionado hasta ahora pueden transportar luz polarizada de forma alterna. La fibra con polarización fija está diseñada para propagar solo una polarización de la luz de entrada. Esto es relevante si hablamos de componentes como moduladores externos que requieren una entrada de luz polarizada.

Esta fibra tiene una característica no vista en otros tipos de fibra. Además del núcleo, existen 2 círculos adicionales llamadas barras de tensión. Como su nombre lo dice, estas

barras de tensión crean tensión en el núcleo de la fibra, de tal manera que es favorecida la transmisión de sólo un plano de polarización de luz. Las fibras monomodo experimentan no linealidades que pueden afectar el funcionamiento del sistema

4.11. EMPALMES

De acuerdo entre la distancia del transmisor y el receptor (o amplificador) será necesario unir tramos de la fibra. En general se tiene dos tipos de conexión:

- Por fusión térmica (empalme).
- Conectores desmontables o conectores simples.

4.11.1. Empalme

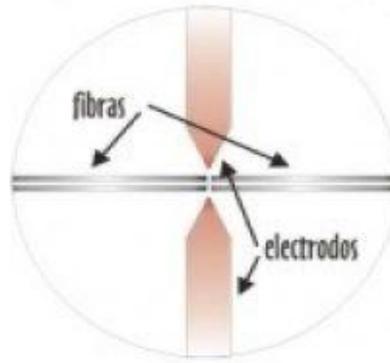
Son uniones permanentes de fibras realizadas en fabricación o en el sitio de instalación, cuando no se requiere conectar o desconectar. Existen dos tipos:

- Empalme por fusión.
- empalme mecánico.

4.11.1.1. Empalme por fusión

El empalme por fusión se realiza aplicando calor localizado en la interfaz alineada, causando que las fibras se ablanden y se funda simultáneamente para formar un hilo de vidrio continuo.

El calor de fusión es generado por el arco eléctrico de los dos electros conectados a una fuente de alto voltaje. Este método ofrece la atenuación óptica más baja (menor a 0.1dB) y la más alta confiabilidad. Es utilizado en enlaces de cables continuos y largos (decenas de kilómetros).



Figuras 1.15 Empalme por fusión

Fuente: Propia

4.11.1.2. Empalme mecánico

Consiste en la unión de los dos extremos de las fibras en un soporte mecánico, para permitir la alineación de los recubrimientos y mediante pegamentos o sistemas de presión evitar la separación de las fibras. Su interior está impregnado de gel igualador de índice con el fin de reducir las pérdidas de inserción y las pérdidas de retorno producidas por las reflexiones de luz que se generan debido a las diferencias de los índices de refracción del núcleo de las fibras y el aire. El soporte mecánico dispone de una ranura que permite el alineamiento de los revestimientos de las fibras y suele tener forma de V, lo que confiere una gran precisión al alineamiento.

El empalme mecánico se realiza por varios métodos: empalme de tubo, empalme de acabado o estría en V. Las pérdidas de inserción para fibras multimodo fluctúan en promedio en el rango 0.1-0.2 dB, que en general es menor que conectores (0.2-3 dB). En el caso de las fibra monomodo las pérdidas son menores que 0.1 dB (con equipos de alta precisión).



Figura 1.16 Empalme mecánico

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Tipos_fibra_optica

A lo largo del recorrido de la red la fibra se verá sometida a divisiones, multiplexaciones y demás operaciones que hacen uso de empalmes y conectores.

Debido a que es necesario pelar por completo una sección de la fibra para este fin, el segmento de fibra afectado se vuelve vulnerable ante tensiones o perturbaciones del exterior. Para salvaguardar este inconveniente se instalan cajas de empalme.

Las cajas de empalme proporcionan un medio de protección contra las inclemencias del entorno al segmento de fibra que contiene empalmes o conexiones. Existen cajas tanto para montajes interiores como exteriores. Las cajas de tipo exterior deben estar fabricadas a prueba de intemperie y con un sellado impermeable. La capacidad de estas cajas es variable, y existen cajas que permiten resguardar empalmes hasta de cuatro cables de diámetros distintos. Algunos ejemplos son la caja Torpedo, la caja Mondragón, etc.



Figura 1.17 Cajas de empalme tipo Mondragón

Fuente: Propia

En el extremo de la caja se sitúan unos tubos a través de los cuales se insertan los cables de fibra. Al pasar por estos tubos los cables de fibra se mantienen sujetos mediante abrazaderas y los miembros de refuerzo central se amarran fuertemente al soporte de la caja. Los miembros de refuerzo metálicos se llevan siempre a tierra para evitar derivaciones eléctricas.

Una vez en el interior, el cable va a parar a unas bandejas de empalme o casetes, que se utilizan para proteger y mantener los empalmes individuales tanto mecánicos como por fusión.

Existen bandejas disponibles para muchos tipos de empalmes, incluyendo varios empalmes mecánicos con marcas registradas, empalmes por fusión desnudos, empalmes por fusión con funda termocontráctil, etc. Las cajas están además diseñadas para almacenar el exceso de cable sobrante, o instrumental óptico pasivo como divisores o acopladores.

4.12. AMPLIFICADORES

En fibra óptica, un amplificador óptico es un dispositivo que amplifica una señal óptica directamente, para así evitar la necesidad de convertir la señal al dominio eléctrico, amplificar en eléctrico y volver a pasar a óptico. Los amplificadores son necesarios en las redes ópticas para compensar la atenuación de la fibra que, si bien es muy reducida en comparación con las redes de cobre, no lo es lo suficiente como para obviar la necesidad de amplificar la señal en enlaces de muy larga distancia.

Existen diferentes mecanismos físicos que pueden ser utilizados para amplificar una señal de luz, a los que corresponden un gran número de amplificadores ópticos. De todos estos dispositivos, los más habituales son los Amplificadores de fibra dopada con Erblio (EDFA).

Este tipo de dispositivos utiliza una fibra óptica dopada con otra sustancia como medio de ganancia para amplificar la señal. En su interior se multiplexa dicha señal

con el bombeo externo de un láser de onda continua a una frecuencia óptica ligeramente superior a la que amplifican. Mediante esta tecnología es también posible amplificar un conjunto de longitudes de onda, por lo que es ideal para su uso en WDM (wavelength division multiplexing).

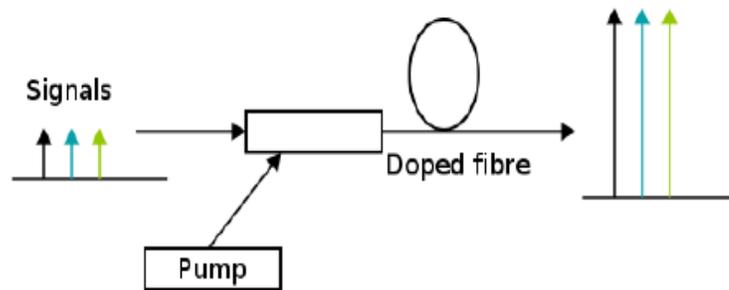


Figura 1.18 Esquema interno de un amplificador EDFA.

Fuente: Propia

Otros amplificadores empleados en redes ópticas son los SOA (Semiconductor optical amplifier) y los amplificadores Raman. Sin embargo, en la actualidad, sus prestaciones no son tan buenas como las que presentan los EDFAS. Los SOAS presentan mayor factor de ruido, menos ganancia, sensibilidad a la polarización, etc; mientras que los Raman son vulnerables a las no linealidades y por ello es mejor emplear fibras especialmente diseñadas (fibra altamente no lineal) en las que se introducen dopantes y se reduce el núcleo de la fibra para incrementar su no linealidad y, de esta forma, compensar el efecto de los amplificadores Raman.

4.13. TRANSMISORES ÓPTICOS

En la cabecera de la red óptica se encuentra el dispositivo transmisor que introduce la señal óptica en la red. Este dispositivo transmite a todos los usuarios clientes y enlaza la red con el exterior. Para ello convierte una señal eléctrica de entrada (información) en una señal óptica, conduciéndola hacia la fibra óptica. También realiza otras funciones derivadas, como multiplexar las señales previas a transmitir o regular el tráfico de la red.

Los emisores de luz que contiene cada transmisor, están formados generalmente por láseres. Un láser es un dispositivo que utiliza un efecto de la mecánica cuántica, la emisión inducida o estimulada, para generar un haz de luz coherente con una alta pureza espectral. Son muy aptos para telecomunicaciones, aseguran una calidad de la señal muy elevada debido sobre todo a las ventajas de la pureza espectral de la fuente y a la relativa linealidad de funcionamiento. Hasta hace poco los LED eran utilizados como emisores de luz cuando su baja directividad no era un inconveniente en la mayoría de fibras multimodo existentes entonces. Hoy en día, este inconveniente junto con su pulso de elevado ancho espectral, desplazan al LED para este tipo de aplicaciones, convirtiendo a los láseres en los dispositivos más utilizados para este fin.

En redes de gran dimensionado, el transmisor óptico normalmente opera junto a otros dispositivos que pueden variar en función de la finalidad de la red. Tales dispositivos no deben ser necesariamente de fibra óptica, ya que depende de las necesidades del tele operador para ofrecer un servicio adecuado a los clientes. Puede tratarse de instrumental de red (Switches, routers, etc.), difusores de vídeo, procesados digitales de la señal, etc.

4.14. RECEPTORES ÓPTICOS

En el lado final del usuario, o simplemente en la terminación de la fibra, se sitúa el receptor óptico. Es capaz de hacer llegar la señal óptica al destinatario de la misma, y convertirla en señal eléctrica para su procesado.

El dispositivo que permite esta conversión opto-eléctrica es el fotodiodo. Es el componente fundamental del sistema de comunicaciones ópticas que menos ha evolucionado. Básicamente, el fotodetector no es más que una unión p-n de semiconductor polarizada en inversa que basa su funcionamiento en el fenómeno de absorción estimulada, es decir, el fotodetector produce una corriente eléctrica (genera un par electrón – hueco) cuando sobre la estructura incide luz (fotones).

Existen dos tipos de fotodetectores para sistemas de comunicaciones ópticas. El primero de ellos, el fotodiodo PIN, se caracteriza por su alta fiabilidad y facilidad de fabricación, bajo ruido y compatibilidad con los amplificadores de bajo voltaje; mientras que el fotodiodo APD presenta una sensibilidad mucho menor pero necesita altos voltajes de alimentación para su funcionamiento, los que les hace más convenientes en el caso de que la potencia recibida sea limitada. Actualmente existen fotodiodos APD funcionando con voltajes bajos pero su precio se encarece mucho.

4.15. TIPOS DE TENDIDO

Podemos mencionar 3 que son los más utilizados

- Tendido submarino
- Tendido aéreo
- Tendido terrestre

4.15.1. Tendido submarino

Para la interconexión de los centros más importantes del mundo, se cuenta con una enorme y compleja infraestructura conformada por fibra óptica. Actualmente, existe una gran cantidad de sistemas de cableado submarino de fibra óptica instalados en todos los océanos

Estos sistemas submarinos se componen de cables de fibra óptica inter- conectados, a través de repetidores, que amplifican las señales y permiten alcanzar distancias de hasta nueve mil kilómetros por tramo.

Asimismo, resisten las inclemencias de la temperatura, salinidad y humedad, así como las presiones del agua, ya que se encuentran instalados hasta tres mil metros de profundidad.

Se conectan a sistemas de transmisión y recepción, integrados por moduladores y multiplexores ópticos que constituyen los sistemas de observación y control, los cuales, en conjunto con los amplificadores empalmados al cable cada 30 o 50km

garantizan la integridad de las señales que viajan por las fibras ópticas para permitir la telecomunicación. Estos cables necesitan constante mantenimiento y supervisión.

Una de las ventajas importantes de la fibra óptica colocada dentro del mar, con respecto a la comunicación vía satélite, es que es más barata e implica menor riesgo de interrumpir el enlace por razones climáticas como tormentas. Además, el retardo de transmisión es considerablemente menor por lo que es ideal para transmisión de telefonía internacional.

El proceso del tendido de la red submarina es complejo y largo. Como primera instancia, antes de llevar a cabo la instalación, se realiza un estudio en el cual se traza la ruta del cableado submarino y se especifican los requisitos tecnológicos.

Posteriormente, se relevan los datos geofísicos y en base a ellos se define la ruta real a utilizar. En esta fase se especifican los tipos de cable submarino, empalmes, estructuras y demás equipamiento, incluido el mecanismo de transmisión electrónica.

La instalación del tendido de fibra óptica es llevada a cabo por dos barcos, que después de partir de diferentes aéreas geográficas, van desenrollando y sumergiendo el cable, hasta que se encuentran en un punto determinado del océano, es ahí donde se realiza la conexión de los dos puntos. Finalmente, después de comprobar que el enlace funciona correctamente, sumergen los dos extremos de los cables conectados.

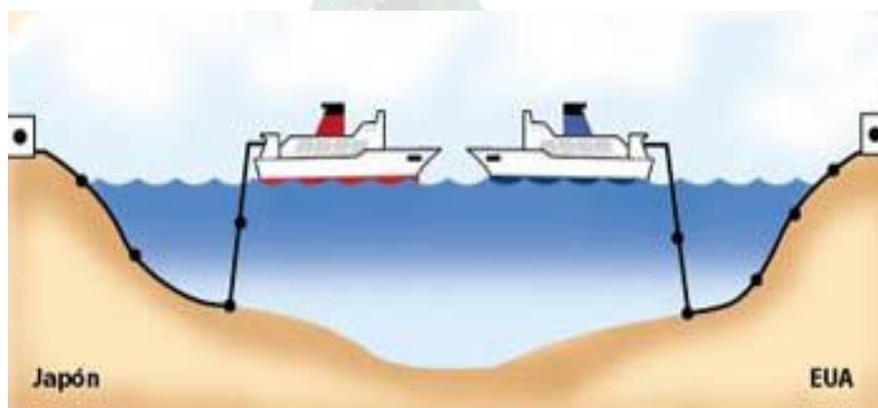


Figura 1.19 Tendido submarino

Fuente: Propia

Una vez realizada la instalación será necesario realizar operaciones de mantenimiento permanentes, utilizando vehículos de operación remota (ROV), que trabajan a grandes profundidades.

El cable submarino de fibra óptica debe ser resistente y liviano. La estructura de un cable submarino tiene cinco elementos básicos:

Fibras ópticas, en un alto número de hilos (hasta 144), agrupadas de a 12.

- Tubo central de cobre (tubo holgado) por donde pasan las fibras que proporciona una protección contra la penetración de hidrógeno.
- Soporte a través de alambres
- Aislamiento con HDPE(High-density polyethylene)
- Armadura, que le da integridad y fuerza estructural para resistir los esfuerzos y proteger contra los predadores, las rocas, etc.

4.15.2. Tendido aéreo

Los tendidos aéreos importantes suelen aprovechar las instalaciones existentes de las empresas de transporte de energía eléctrica. En varios casos, estas mismas empresas son las dueñas de la fibra óptica y utilizan este recurso para aumentar sus ingresos.

Para los tendidos aéreos se utilizan básicamente 4 tipos de cables de fibra óptica:

ADSS (All Dielectric Self-Supporting) Diseñados para instalarse en líneas de alta tensión. Este diseño no contiene ningún elemento metálico y su cubierta está protegida contra el efecto tracking por lo que hace a este cable muy adecuado para su instalación en líneas de media y alta tensión.

El peso del cable es soportado solo por los elementos de refuerzo (hilaturas de aramida) incluidos en él. La excelente relación peso, resistencia a la tracción de los elementos de refuerzo asegura el bajo peso de los cables ADSS y limita la carga adicional de las torres de alta tensión. Estos cables pueden instalarse en vanos de hasta 600 metros. Además pueden incorporar protección contra los disparos si se instalan en zonas de cazadores.

Este diseño contiene el mensajero unido al núcleo óptico mediante la cubierta externa. El mensajero actúa como elemento de refuerzo y soporta el peso del cable. Este tipo de cable se usa en instalaciones aéreas con vanos cortos siendo una solución muy económica.

Adosados Diseñados para ser atados a un cable mensajero, al hilo de tierra o al conductor de fase en las líneas de alta tensión. La solución usada en líneas de alta tensión, conocida como ADL, contiene elementos totalmente dieléctricos. La tecnología ADL permite instalaciones rápidas y económicas. El adosado del cable óptico al hilo de tierra en las líneas de alta tensión se hace de una manera discontinua usando preformados metálicos. El adosado al cable de fase se hace de forma continua usando lashing binders.

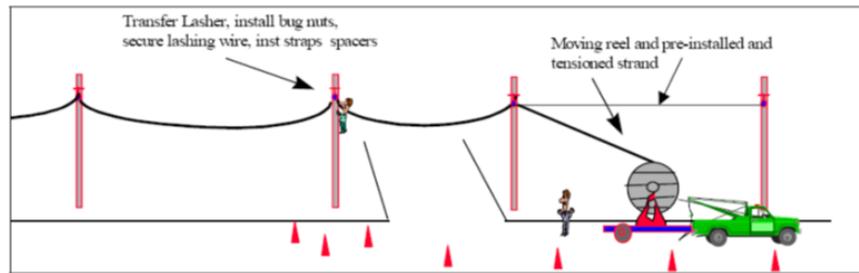
OPGW (OPTical Ground Wire) El núcleo de fibras ópticas se aloja en el interior de un tubo de aluminio extruido que proporciona tanto protección mecánica al núcleo óptico como estanqueidad frente a la humedad o penetración de agua. Este tubo de aluminio proporciona a su vez alta conductividad eléctrica necesaria para la disipación de las descargas atmosféricas o cortocircuitos accidentales. El número de fibras ópticas contenidas puede llegar hasta 96.

Estos cables tienen que tener una alta resistencia mecánica, ya que tienen que poder ser tensados sobre las torres de transporte eléctrico.

Los métodos de tendidos son dos, dependiendo del vehículo con acceso a la línea de poleas, y de la instalación sobre la que desea realizar el tendido:

- Riel en movimiento
- Riel Estacionario

Riel en Movimiento



Riel Estacionario

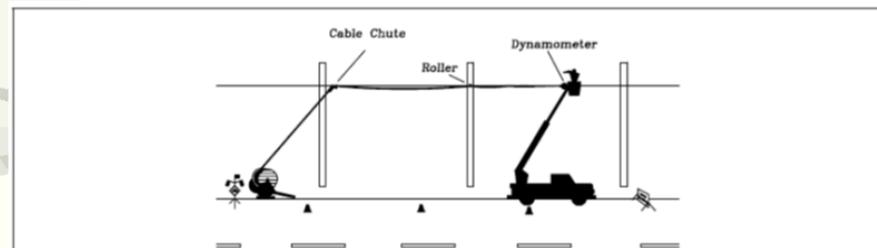


Figura 1.20 Métodos de tendido aéreo

Fuente: http://www.contratacion.euskadi.eus/w32-1084/es/contenidos/anuncio_contratacion/expjaso945/es_doc/adjuntos/pliego_bases_tecnicas3.pdf

4.15.3. Tendido terrestre

Para hacer un tendido terrestre pueden abrirse zanjas a cielo abierto, o bien utilizar la tecnología de tunelería guiada.

El sistema clásico de tendido a cielo abierto trae numerosas molestias a los ciudadanos (ruidos molestos, veredas abiertas, suciedad) por lo que se recomienda que no se use en centros urbanos.

El sistema trenchless, por otro lado, es capaz de trazar túneles mediante perforaciones direccionales, evitando tener que abrir las veredas. Esto permite realizar tanto el tendido como el mantenimiento de los tubos, sin tener que abrir todo el suelo.

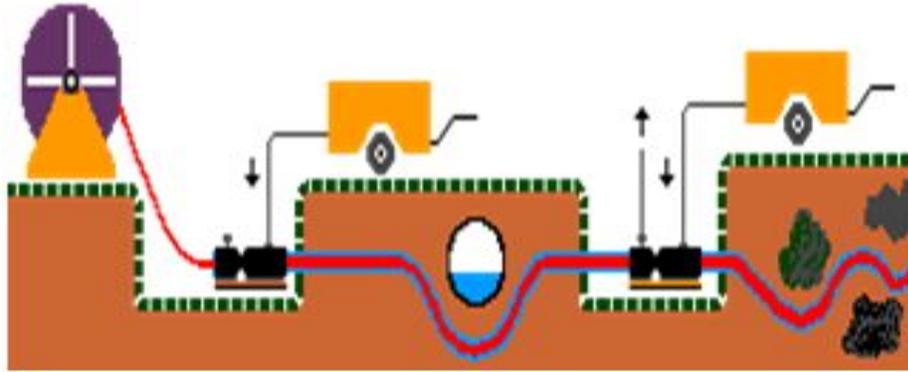


Figura 1.21. El sistema trenchless

Fuente:http://www.contratacion.euskadi.eus/w32-1084/es/contenidos/anuncio_contratacion/expjaso945/es_doc/adjuntos/pliego_bases_tecnicas3.pdf

Utilizando equipos de robótica es posible tender los cables de fibra dentro de las cloacas, a las que no se podría acceder normalmente.

Asimismo, comparando los dos sistemas, cuando se habla de pasar una cañería simple (por ejemplo, dos tritubos), los valores son prácticamente iguales (entre \$ 33 y \$ 35 el metro), aunque todo dependerá de la cantidad de metros a realizar. La variación de precios se produce básicamente de acuerdo a dos ítems: el diámetro de la cañería (cuando es muy grande, la tunelera deberá trabajar más tiempo para ensanchar el túnel) y la cantidad de metros, que requerir' a mayor costo de reposicionamiento de equipos.

Una vez tendidos las cañerías, será necesario colocar la fibra dentro de ellas. La técnica tradicional solía ser la de tirar de la fibra, lo cual implica una alta fricción, especialmente en las curvas, que se reduce con la utilización de un lubricante.

Para evitar los altos niveles de tensión sobre el cable, se puede utilizar la técnica de jetting, en la que se genera una corriente de aire de alta presión que va empujando al cable a medida que se lo va insertando. De esta manera se evitan las fricciones mediante el flujo de aire, y se pueden realizar instalaciones de mayores distancias.

4.16. EVOLUCIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA.

En estos últimos años la Fibra Óptica está evolucionando bastante, y ha dado origen a fibras con nuevas características:

4.16.1. Coberturas más resistentes:

La cubierta especial es extruida a alta presión directamente sobre el mismo núcleo del cable, resultando en que la superficie interna de la cubierta del cable tenga arista helicoidal que se aseguran con los subcables. La cubierta contiene 25% más material que las cubiertas convencionales.



Figura1.22 La cubierta de fibra óptica

Fuente: <http://www.progame.galeon.com/robotb.html>.

4.16.2. Uso Dual (interior y exterior)

La resistencia al agua, hongos y emisiones ultra violeta; la cubierta resistente; buffer de 900 μ ; Fibras ópticas probadas bajo 100 kpsi; y funcionamiento ambiental extendida; Contribuyen a una mayor confiabilidad durante el tiempo de vida.

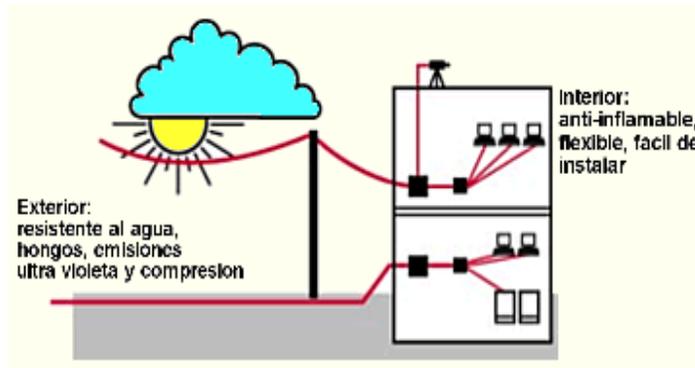


Figura 1.23 Uso Dual

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos12/fibra/fibra.shtml>.

4.16.3. Mayor protección en lugares húmedos

En cables de tubo holgado rellenos de gel, el gel dentro de la cubierta se asienta dejando canales que permitan que el agua migre hacia los puntos de terminación. El agua puede acumularse en pequeñas piscinas en los vacíos, y cuando la delicada fibra óptica es expuesta, la vida útil es recortada por los efectos dañinos del agua en contacto. Combaten la intrusión de humedad con múltiples capas de protección alrededor de la fibra óptica. El resultado es una mayor vida útil, mayor confiabilidad especialmente ambientes húmedos.

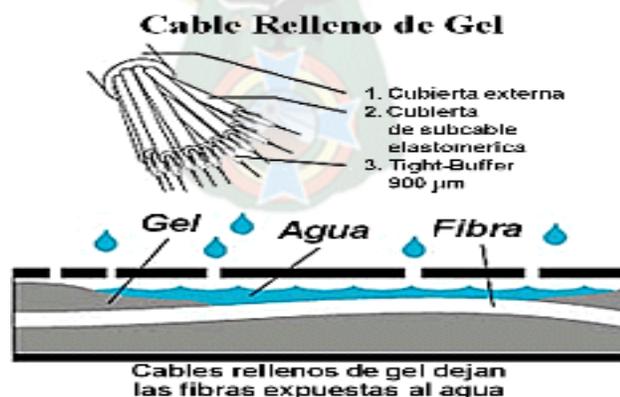


Figura 1.24 Cable relleno de gel

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos12/fibra/fibra.shtml>.

4.16.4. Protección anti-inflamable

Los nuevos avances en protección anti-inflamable hacen que disminuya el riesgo que suponen las instalaciones antiguas de Fibra Óptica que contenían cubiertas de material inflamable y relleno de gel que también es inflamable.

Estos materiales no pueden cumplir con los requerimientos de las normas de instalación, presentan un riesgo adicional, y pueden además crear un reto costoso y difícil en la restauración después de un incendio. Con los nuevos avances en este campo y en el diseño de estos cables se eliminan estos riesgos y se cumple con las normas de instalación.

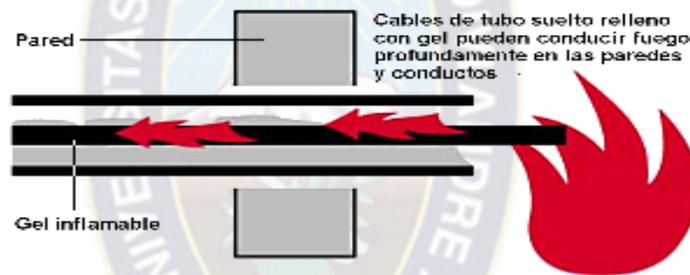


Figura 1.25 Protección anti-inflamable

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos12/fibra/fibra.shtml>.

4.17. TIPOS DE ENLACES

4.17.1. Enlace punto a punto

La topología punto a punto para redes de fibra óptica, consiste en un enlace dedicado entre emisor y receptor, sin que exista otro tipo de conexión o división de la señal durante el trayecto.

Este tipo de configuración es utilizado por empresas para el acceso a la fibra óptica en planta externa, que necesitan conectar ubicaciones apartadas con una cierta capacidad de

comunicaciones, generalmente a una gran distancia o bien a un ancho de banda muy elevado. La información a transmitir puede tratarse simplemente de datos, conexiones a banda ancha, o hasta un enlace de datos de alta velocidad para alguna aplicación específica.

La comunicación por un único canal, como en las redes punto a punto, ha sido en gran parte impulsada por las técnicas WDM. Este método consiste en multiplexar varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda. La implementación de este sistema ha ido volviéndose más popular en las compañías de telecomunicaciones, ya que permite aumentar la capacidad de las redes sin tener que desplegar más fibra óptica.

En redes de difusión como las redes urbanas para distribuir internet y voz o telefonía no son habituales este tipo de redes, ya que el elevado número de conexiones obliga a adoptar una filosofía de diseño más jerarquizada, segmentando la red en tipologías más comunes como las redes punto a multipunto. No obstante las redes que unen nodos de comunicación, poblaciones o grandes comunidades suelen estar formados por un enlace dedicado punto a punto, donde las técnicas WDM mencionadas anteriormente brindan altos anchos de banda para un único enlace a gran distancia.

4.17.2. Enlace punto a multipunto

La tipología punto a multipunto para redes de fibra óptica, consiste en un enlace en el que un mismo terminal se conecta a varios receptores, dividiendo para ello la señal hacia cada uno de ellos.

Esta tipología se basa en la fragmentación. Su objetivo es distribuir varios enlaces por un mismo canal, compartiendo los costes de un mismo segmento de fibra y reduciendo así el número de las mismas. Al existir menos instrumental, los costes de despliegue y mantenimiento de la red se ven también reducidos; lo que convierte a esta arquitectura

en una alternativa a tener muy en cuenta para redes urbanas o de acceso a viviendas. Es ampliamente utilizada por compañías tele operadoras y distribuidores de banda ancha.

Para ramificar el trayecto, se instalan splitters o divisores en las conexiones de los segmentos de fibra. El funcionamiento de estos dispositivos es muy simple. Dividen el haz óptico entrante hacia los demás extremos, o los confinan en sentido opuesto. Al fragmentarse la señal se deben tomar medidas para evitar que la potencia en recepción caiga en exceso, bien colocando amplificadores o reduciendo la distancia de las comunicaciones.

El equipamiento activo de la red también se ve enormemente reducido, pues si se comparte el mismo canal para uno de los transmisores basta con uno solo de ellos para dar acceso a cientos de usuarios en las redes de acceso. Tan solo se debe instalar una adecuada gestión de canales en el transmisor para evitar interferencias.

Además, esta arquitectura arbolada además, hace que las ampliaciones o reducciones de tramos tengan un menor impacto sobre el diseño. Esto dota a la red de gran flexibilidad y manejo, además de abaratar los costes de los futuros proyectos de reestructuración o ampliación. Sin embargo esta topología no es la única. En algunos casos puede combinarse con estructuras de transmisión en bus o en anillo, aunque no ofrecen una eficiencia tan elevada a nivel de ingeniería.

4.18. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA.

Sus principales ventajas son:

- No conducen señales eléctricas por ende son ideales para incorporarse en cables sin componentes conductivos y pueden usarse en condiciones peligrosas de alta tensión.

- Gran ancho de banda, lo que permite la transmisión y/o transferencia de mucha información simultáneamente, por lo que no será necesario hacer un cambio de

cable cuando se incrementa el tráfico de datos por la red. Además, este ancho de banda nos permite incrementar la capacidad de transmisión con el fin de reducir el costo por canal. Por ejemplo, permite la recepción de más de quinientos canales de televisión. Su alta velocidad le garantiza navegar por Internet 300 veces más rápido que con los canales actuales.

- Bajo peso. Es muy inferior al de los cables metálicos (aproximadamente 10 a 200 Kg. por Km., y las bobinas pueden ser de una longitud que va de 2 a 6 Km., mientras que en el cable coaxial son de 300 m) .
- Volumen y dimensiones reducidas, lo que podemos traducir en una economía de transporte, por ejemplo un cable de 10 fibras tiene un diámetro de 8 a 10 NM y presta la misma utilidad que un coaxial de 10 tubos (por lo tanto el número de enlaces por unidad de volumen usado es superior que en un coaxial por ejemplo). Además de esto, su gran flexibilidad y el bajo peso que el cable tiene hace que la instalación de líneas de este tipo sea muy sencilla.
- Inmunidad al ruido, se puede decir que esta es una de las principales ventajas. Esto es posible debido a que es 100% dieléctrica, es inmune a las interferencias de radiofrecuencia. Además no genera interferencias ni diafonía en otros equipos de comunicación.
- Aislamiento eléctrico, al ser dieléctrica la fibra asegura el aislamiento eléctrico entre emisor y receptor.
- Menores pérdidas de potencia, por lo que se logran mayores distancias de repetición, así los costos del sistema se pueden reducir al no ser necesario el uso de repetidoras y aumentando la fiabilidad del sistema.

- Seguridad, es prácticamente imposible interceptar la señal que viaja por una fibra sin ser detectada o que ella pierda luz, por ello la transmisión es segura e imperturbable. Esto explica porque casi el 10% de la producción mundial de fibra óptica esta destinada a fines militares.
- Inmune a transmisiones cruzadas entre cables, causadas por inducción magnética.
- Resistencia a extremos ambientales. Son menos afectadas por líquidos corrosivos, gases y variaciones de temperatura.
- Conexión directa desde centrales hasta el hogar o empresa que contrate el servicio.
- Alta confiabilidad y privacidad en comunicaciones telefónicas.
- Mayor velocidad de propagación de la señal (Velocidad de la luz).
- Mayor capacidad de transmisión (hasta 1 Gbps en 1 Km.).
- Menor atenuación (disminución de señal).
- Tasas de error reducidas (1 error por cada 10^9 bits en fibra óptica y 1 por cada 10^6 bits en los cables eléctricos).
- No hay riesgos de corto circuito y daño de origen eléctrico.
- Se pueden emplear varios canales usando diferentes longitudes de onda simultáneamente sobre la misma fibra.

- Su vida útil es mucho más larga que la de un cable eléctrico.
- Sin límite de aplicaciones.
- Posibilidad de daño casi nula. Además, el tiempo de respuesta en una reparación es mínimo.
- La seguridad en cuanto a instalación y mantenimiento es alta. Como las fibras y los plásticos no son conductores de electricidad se pueden acercar a líquidos y gases volátiles sin que esto pueda ocasionar algún problema.
- Compatible con la tecnología actual.
- La materia prima con que se fabrica es abundante en la naturaleza (el silicio o fibra de vidrio es el 30% de la superficie terrestre), lo cual disminuye los costos de fabricación según vaya mejorando los procesos tecnológicos, a diferencia de los cables de cobre donde el valor del cobre está regido por las reservas mundiales. De hecho el precio de los cables de fibra ha ido disminuyendo progresivamente desde su nacimiento ya que su costo es inversamente proporcional al volumen de producción.
- Comodidad y ahorro, ella permite integrar por una misma vía todos los servicios de comunicación. Con una sola instalación se puede acceder a multitud de ofertas, con el consiguiente ahorro al ser una misma empresa la que ofrezca todos los servicios.
- Regeneración de señal, puede comunicar en distancias de más o menos 70 Km. antes de ser necesario regenerar la señal, esta distancia puede llegar a ser de 150 Km. usando aplicaciones láser.

Desventajas que pudimos encontrar:

- Alto costo, esto es debido a que esta tecnología de las comunicaciones es aun nueva y si bien es cierto los costos de producción son bajos los costos de venta aun son elevados.
- Fragilidad de las fibras.
- Disponibilidad de conectores limitada.
- La unión de fibras ópticas es complicada y mas aún su derivación, son inherentemente unidireccionales y el costo de las interfases es mucho mayor que en el caso eléctrico.

4.19. APLICACIONES DE LA FIBRA ÓPTICA

La aplicación más sencilla en la que se usa fibra óptica es transmisión de luz a lugares difíciles de iluminar de otro modo, también puede usarse para transmitir imágenes en este caso se utilizan haces de varios miles de fibras muy finas, situadas exactamente una al lado de la otra y ópticamente pulidas en sus extremos. Cada punto de la imagen proyectada sobre un extremo del haz se reproduce en el otro extremo, con lo que se reconstruye la imagen, que puede ser observada a través de una lupa. La transmisión de imágenes se utiliza mucho en instrumentos médicos para examinar el interior del cuerpo humano y para efectuar cirugía con láser, en sistemas de reproducción mediante facsímil y fotocomposición, en gráficos de ordenador o computadora y en muchas otras aplicaciones.

También se emplean en una amplia variedad de sensores, como por ejemplo termómetros y giroscopios entre otros. Su potencial de aplicación en este campo casi no tiene límites, porque la luz transmitida a través de las fibras es sensible a numerosos cambios ambientales, entre ellos la presión, las ondas de sonido y la deformación,

además del calor y el movimiento. Las fibras pueden resultar especialmente útiles cuando los efectos eléctricos podrían hacer que un cable convencional resultara inútil, impreciso o incluso peligroso. También se han desarrollado fibras que transmiten rayos láser de alta potencia para cortar y taladrar materiales.

La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. En las redes de comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica. Hoy funcionan muchas redes de fibra para comunicación a larga distancia, que proporcionan conexiones transcontinentales y transoceánicas. Una ventaja de los sistemas de fibra óptica es la gran distancia que puede recorrer una señal antes de necesitar un repetidor para recuperar su intensidad. En la actualidad, los repetidores de fibra óptica están separados entre sí unos 100 Km, frente a aproximadamente 1,5 Km en los sistemas eléctricos. Los amplificadores de fibra óptica recientemente desarrollados pueden aumentar todavía más esta distancia.

Otra aplicación cada vez más común de la fibra óptica son las redes de área local (LAN). Al contrario que las comunicaciones de larga distancia, estos sistemas conectan a una serie de abonados locales con equipos centralizados los que pueden ser computadores o impresoras. Este sistema aumenta el rendimiento de los equipos y permite fácilmente la incorporación a la red de nuevos usuarios. El desarrollo de nuevos componentes electro ópticos y de óptica integrada aumentará aún más la capacidad de los sistemas de fibra óptica.

CAPITULO II

INGENIERÍA DE

PROYECTO



5. INGENIERIA DEL PROYECTO

5.1. PLANTEAMIENTO

De acuerdo a la planificación del proyecto a continuación se presenta una descripción de la implementación del proyecto para el diseño de una red de fibra óptica que sirva como una red redundancia para la ciudad de Oruro para la empresa Telecel s.a.

El proyecto tiene como objetivo el crear una ruta alternativa, viable para la red de datos internacional, a través de una red de redundancia de fibra óptica para la empresa Telecel s.a. de este modo se pretende proporcionar una salida alternativa de datos hacia la ciudad de Oruro.

Para cumplir con estos objetivos diseñaremos un tramo nuevo, que sirva como una redundancia para la transmisión de datos a la ciudad de Oruro en base a fibra óptica.

El tramo de fibra que se tiene contemplado diseñar corresponde a una distancia 170 km de fibra óptica punto a punto. El tramo corresponde desde localidad Tambo Quemado hasta la radio base Oruro Sur ubicado en la ciudad de Oruro en este tramo existen dos radio bases intermedias por la cual pasara la fibra óptica la radio base jolke y la radio base llanos



Figura 2.1 Tramo sugerido Tambo Quemado - Oruro

Fuente: Propia

Cabe también mencionar que el diseño contempla la arquitectura física de la propuesta de la red solicitada a mediados del 2015 de acuerdo a los datos proporcionados por Telecel s.a.

5.2. DESCRIPCIÓN DEL TRAMO

El tramo de fibra óptica que se quiere diseñar, corresponde a los tramos entre las localidades que se encuentran en territorio Boliviano (Tambo Quemado -Llanos – Jolke – Oruro sur). Siendo la primera una localidad intermedia fronterizo con el país vecino Chile.

Por lo expuesto hasta este momento es necesario construir un tramo de fibra óptica entre los puntos propuestos para ello se necesita diseñar una red en la tercera ventana de 1550 nm.

5.3. DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA

Primeramente para hacer el diseño físico de la red de fibra óptica debemos tomar en consideración la distancia total del trayecto

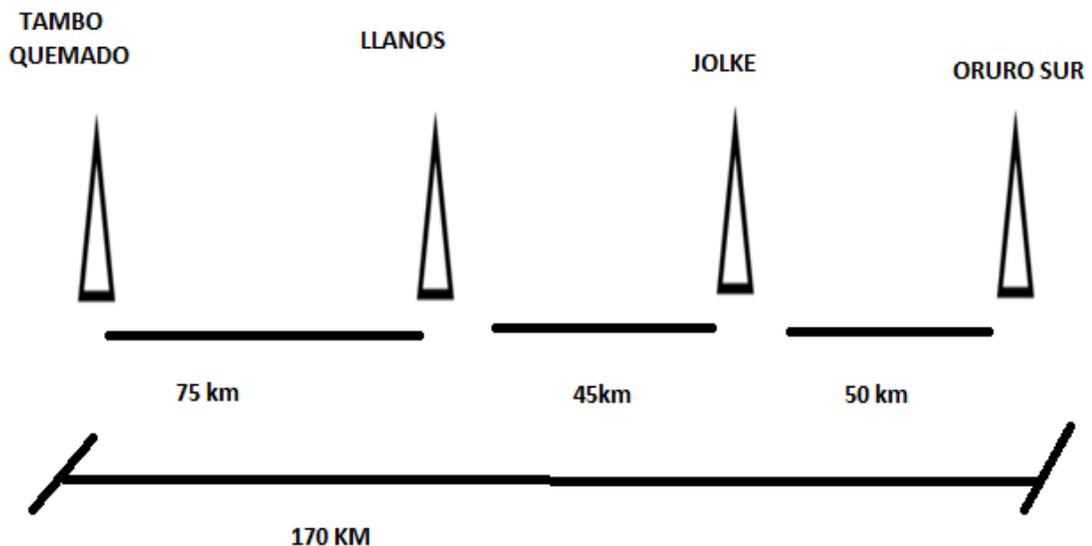


Figura 2.2 Distancia total del enlace de fibra óptica

Fuente: Propia

5.3.1. Postacion en la ruta

Viendo la distancia total del trayecto, debemos de hacer un relevamiento del tipo de terreno al cual nos enfrentamos.

Para el trayecto Tambo Quemado – Ciudad de Oruro se llego a observar un tipo de terreno rocoso, en una gran parte del trayecto se cuenta con postacion de las empresas eléctricas, pero también hay tramos en los cuales se requiere la plantación de postes nuevos.

| POSTACION | DISTANCIA | CANTIDAD DE POSTES | POSTES POR PLANTAR |
|--|-----------|--------------------|--------------------|
| POSTACION INEXISTENTE | 68 km | 850 | 850 postes |
| POSTACION EXISTENTE | 102 km | 1275 postes | 0 |
| TOTAL DE POSTES EN EL TRAYECTO =2125 POSTES | | | |

Tabla 2.1 Cantidad de postacion

Fuente: Propia

En la ruta trazada no se cuenta con postacion existente hasta llegar a zonas aledañas a la ciudad de Oruro, por lo cual según los datos provistos en la tabla se debe de considerar la plantación de postes.

Se considero que de los 170 Km del trayecto, se tiene 68 km los cuales las empresas eléctricas no cuenta con postacion existente, por lo cual se debe de establecer que para zonas urbanas la separación entre postes esta a una separación de 50 mts pero, para las zonas rurales la separación entre postes es de 100 mts por lo cual 68 km serian 68000 mts los que nos daría la plantación de 680 postes. Cabe mencionar que dentro del trayecto aremos una consideración, existen tramos en los cuales el tendido exige tramos más cortos en separación, por lo cual consideraremos la separación entre postes tan solo de 80 mts de separación y se tendrá una cantidad total de postes para el trayecto sin

postacion de 850 postes para el trayecto los tipos de postes a plantar serán los de hormigón de 9 mts

- La postacion se debe realizar a una profundidad de 1.20 m a 1.50 m respectivamente.
- Los postes se deben plantarse a cada 100 m.
- Los postes de Telecel s.a. deben estar codificadas de manera visible a larga distancia.
- Los postes en casos extremos se debe colocar riendas para evitar las caídas.



Figura 2.3 Primera postacion de Poste Concreto

Fuente: Propia

5.3.2. Características del cable de fibra óptica

El cable de fibra óptica que se pretende utilizar en el diseño es totalmente dieléctrico, con fibras ópticas monomodo revestidas en acrilato, ubicadas en tubos de holgado rellenos, reunidos alrededor del elemento central.

El núcleo del cable será relleno o protegido con material a gel. Opcionalmente puede ser aplicada una cubierta interna sobre el núcleo. Este conjunto es reforzado con hilaturas de aramida y recubierto con una capa externa de polietileno negro.

Los cables de fibras ópticas cubiertos por esta especificación se aplican para instalaciones aéreas auto soportado.

5.3.2.1. Estructura del cable

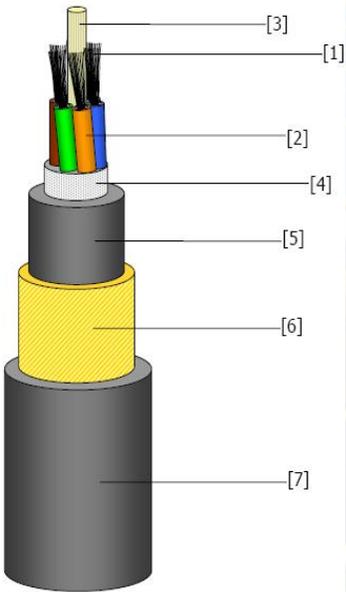
| Fibra monomodo | Estructura del Cable |
|---|---|
|  <p>El diagrama muestra una sección transversal de un cable de fibra monomodo. Desde el centro hacia el exterior, se observan: un núcleo central con fibras de vidrio (etiquetado [3]), un tubo de protección con un compuesto bloqueante del agua (etiquetado [1]), una capa de protección seca contra la propagación longitudinal del agua (etiquetado [2]), una capa que protege al núcleo óptico contra la compresión y la penetración transversal del agua (etiquetado [4]), una capa de hilados de aramida que proveen al cable de la resistencia a la tracción (etiquetado [5]), una capa de polietileno que protege el cable de la penetración del agua, rayos ultravioleta y daños mecánicos (etiquetado [6]), y una capa externa de polietileno negro (etiquetado [7]).</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. El núcleo óptico se compone de fibras ópticas. 2. Tubos de protección con un compuesto bloqueante del agua 3. Los tubos se reúnen alrededor de un soporte central de fibras de vidrio. 4. Protección seca contra la propagación longitudinal del agua. 5. Protege al núcleo óptico contra la compresión y la penetración transversal del agua. 6. Compuesto de hilados de aramida que proveen al cable de la resistencia a la tracción. 7. Compuesta de polietileno que protege el cable de la penetración del agua, rayos ultravioleta y daños mecánicos. |

Figura 2.4 fibra monomodo

Fuente: Propia

5.3.2.2. Identificación de la Fibra y Tubo

| Fibra/tubo | Color |
|--|---------|
| 01  | Azul |
| 02  | Naranja |
| 03  | Verde |
| 04  | Marrón |
| 05  | Gris |
| 06  | Blanco |

Tabla 2.2 Código de colores de la Fibra Óptica

Fuente: Propia

5.3.3. Consideraciones necesarias para la Red Fibra Óptica

En esta parte se describen, todas las características técnicas más relevantes y aspectos operativos de la fibra óptica que se encuentra hoy en día en nuestro mercado.

| Características del tramo Tambo Quemado-Oruro | | |
|---|--------------------------------|------------------------------|
| Descripción | Und. | Observaciones |
| Tipo de construcción | | Aereo |
| Tipo de fibra | G655 SM | Bajo norma UIT-T |
| Fibra Óptica Prysmiam ADSS | 24 hilos | Vano 100 |
| Atenuación Ventana 1310 | 1310 nm | ≤ 0.5 dB/km |
| Atenuación Ventana 1550 | 1550 nm | ≤ 0.25 dB/km |
| PDM | < 0.5 pd/(km) ^{1/2} | Polarización Modo Dispersión |
| Longitud de Onda Disp. Nula | +/- 10 nm | Ventana 1310-1550 |

Tabla 2.3 Características del tramo Tambo Quemado-Oruro

Fuente: Propia

5.3.4. Especificación de accesorios para el tendido aéreo de la red fibra óptica

El contratista suministrará todo el material indicado en las especificaciones técnicas. Los materiales a adquirir, así como las cantidades se detallan a continuación.

| Descripción | Und. | Cant. |
|--|------------|-------|
| Cantidad de postes en el trayecto | pza | 850 |
| Abrazadera regulable BAP + perno J | Pza | 1925 |
| Guardacabo | Pza | 1854 |
| Ancoragem | Pza | 1854 |
| Mallas preformadas para ADSS + protectores | Pza | 1854 |
| Brazo metálico regulable | Pza | 14 |
| Cruceta metálica de reserva | Pza | 174 |
| Bloques de paso | pza | 271 |

Tabla 2.4 Ferretería de Aria Poste

Fuente: Propia

| Descripción | Und. | Cant. |
|--|------|-------|
| Cable de acero 3/16 | M | 100 |
| Mallas preformadas 3/16 | Pza | 10 |
| Mallas preformadas para ADSS + protectores | Pza | 10 |
| Arandela cuadrada de 100x100x5 mm | Pza | 12 |

Tabla 2.5 Ferretería para Cruce Aéreo y Mural

Fuente: Propia

| CANTIDAD DE BOBINAS DE FIBRA OPTICA | | |
|-------------------------------------|---------|-------|
| Descripción | Und. | Cant. |
| Bobinas de fibra óptica de de 4 km | Bobinas | 44 |

Tabla 2.6 cantidad de bobinas de fibra

Fuente: Propia

5.3.5. Proceso del Tendido de Cables Aéreos Auto Soportados de Fibra Óptica

5.3.5.1. Consideraciones para el tendido.

La estructura de la red de fibra óptica a construir comprende los siguientes puntos que describen a continuación.

- Al manipular los carretes se debe tener cuidado de acuerdo a las especificaciones técnicas de fabricante.
- El tendido del cable comprende la sujeción en el poste con su respectivo herraje.
- El tendido es de vano 100, al respecto se debe tener una caída de 20 cm.
- En cada punto de fijación se debe de tener una omega de 60 cm.
- Se debe dejar una cruceta de reserva a cada 1000 m. con una reserva de cable de 50 m de acuerdo al tendido respectivamente.
- En los puntos finales del carrete se debe dejar una longitud de 30 m para emplear las mangas de empalmé y su cruceta de reserva, para su respectiva fusión de F. O.
- El cable se debe identificar con adhesivos que identifiquen TELECEL S.A.

5.3.5.2. Movilización de Personal y Equipos al Lugar de Trabajo.

Este paso se hará simultáneamente tratando que la llegada de los materiales coincida con la movilización total del personal, hasta el lugar de trabajo tomando en cuenta todas las medidas en cuanto seguridad y medio ambiente aconseje.

5.3.5.3. Herrajería

La herrajería que se utiliza para la instalación de cables de fibra óptica ADSS, en postes asegura que los mismos estarán exentos de las tensiones causadas por vientos fuertes, vanos largos de hasta los 100 metros. Esta seguridad plantea una red de alta estabilidad ante agentes muy adversos.

5.3.5.4. Montaje de la Red de Fibra Óptica.

El montaje de la red óptica, se ejecutará utilizando los métodos más adecuados y seguros que garanticen el correcto funcionamiento de la red a largo plazo, con esto evitaremos daños exteriores e interiores del cable de fibra óptica.

Existen varios métodos para el tendido y esto depende del tipo de estructura con que se cuente para la instalación.

Los dos métodos utilizados para la instalación aérea de fibra son el de enrollado retractable y fijo y el de instalación con desplazamiento de carretes o bobinas.

El método de enrollado retractable o fijo es el más utilizado. El cable se coloca desde el carrete yendo hacia arriba por el alambre, tirado por un bloque que solamente viaja hacia adelante y es mantenido en alto por los soportes de cables. El atado de hilos de cables se realiza después de tender los cables.



Figura 2.5 tendido aéreo

Fuente: http://www.contratacion.euskadi.eus/w32-1084/es/contenidos/anuncio_contratacion/expjaso945/es_doc/adjuntos/pliego_bases_tecnicas3.pdf

El método de instalación con desplazamiento de bobinas puede requerir menos mano de obra y ahorrar tiempo durante el tendido y atado de hilos de cables. Para este caso, el cable se acopla al alambre y se desenrolla de una bobina alejándose de él. El cable se va asegurando en la medida que va recorriendo el terreno.



Figura 2.6 Desplazamiento de bobina

Fuente: http://www.contratacion.euskadi.eus/w32-1084/es/contenidos/anuncio_contratacion/expjaso945/es_doc/adjuntos/pliego_bases_tecnicas3.pdf

Se deja suficiente cable adicional para facilitar el empalme. El cable debería poder alcanzar el suelo, pasar por un camión o remolque de empalme y colocarse en una caja de empalme.

5.3.5.5. La Norma La UIT en su recomendación L-35 (Instalación de cables de fibra óptica en redes de acceso) indica:

- Longitud media entre postes 25 – 80 mts
- Longitud máxima entre postes 50 – 200 mts
- Longitud de cable sobrante en puntos de empalme es de 50 mts.
- La altura a la cual se realiza la instalación de la fibra se determina de acuerdo a las características propias del lugar. Sin embargo, en la generalidad de los casos, la altura mínima debe ser 5 mts. sobre el suelo.
- La UIT L.26 (Cables de fibra óptica para aplicaciones aéreas) recomienda al instalar la fibra se debe tener cuidado especial en las características mecánicas y condiciones ambientales.

Los efectos ambientales pueden influir de gran manera en el cable causando variaciones de atenuación de la fibra.

5.3.5.6. Las características mecánicas a considerarse:

- Micro flexión de la fibra
- Macro flexión de la fibra
- Flexión de los cables
- Resistencia a la tracción
- Aplastamiento e impactos
- Torsión en el cable

5.3.5.7. Las condiciones ambientales que deben considerarse son:

- Gas hidrógeno
- Permeabilidad a la humedad
- Penetración de agua
- Rayos
- Vibración
- Variaciones de temperatura
- Viento
- Nieve, hielo
- Campos eléctricos muy fuertes

5.4. INGRESOS DE FIBRA A LAS RBS TAMBO QUEMADO ,RBS LLANOS ,RBS JOLKE Y LA RBS ORURO SUR

Para las acometidas de fibra óptica, debemos de conocer las estructuras básicas de las radio bases en general casi la mayoría de las radio bases de Telecel s.a. tiene los mismos accesos y se repiten la misma estructura.

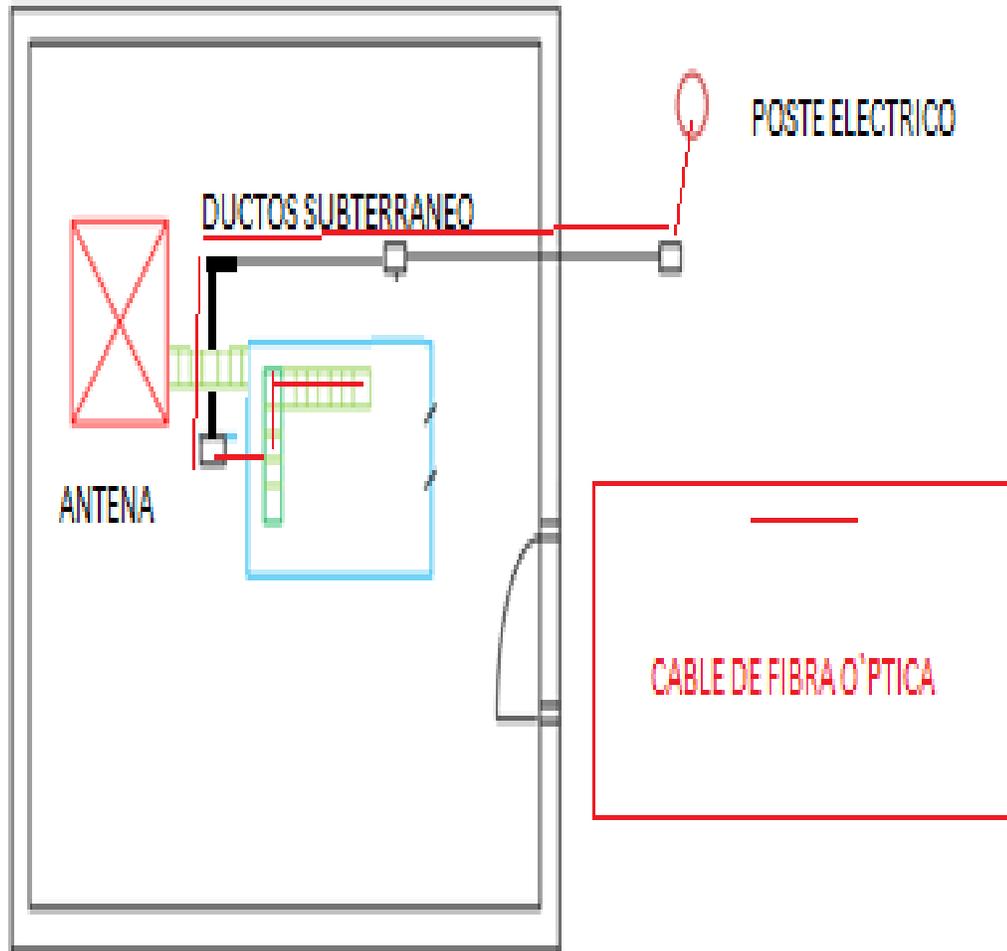


Figura 2.7 Esquema de ingreso de la radio base

Fuente: Propia

El esquema de ingreso nos indica que el cable de fibra óptica viene del poste eléctrico hacia un ducto subterráneos los cuales nos llevan detrás de la radio base y de ahí se hace el ingreso hacia las escalerillas al final de las escalerillas estará ubicado nuestro rack donde se ubicara la bandeja de distribución de fibra óptica



INGRESO AL DUCTO



INGRESO DE FIBRA OPTICA ALA RBS



VISTA EXTERNA DE RBS

Figura 2.8 Esquema de ingreso externo de la rbs

Fuente: Propia

5.5. SELECCIÓN DEL TIPO DE CAJAS EMPALME

Las cajas de empalme se utilizan para el guardado de las fusiones de la fibra óptica en cada final de fibra de las bobinas de 4 km, existen variedad de proveedores de este material pero para el diseño de nuestro enlace utilizaremos la siguiente

La Mangas de empalme FOCS 500 A que son sistemas de almacenamiento de fibra, donde el fabricante diseña para distintas categorías de fibra óptica como 12, 24, 48 hilos cada cual debe tener su respectiva bandeja para empalmes de fusión, como pueden ser empalmes mecánicos, individuales, o múltiples y acepta los diferentes tipos de cable de fibra óptica, cuya función es de cuidar los empalmes.



Figura 2.9 Caja de Empalme Focs 500

Fuente: Propia

Algo parecido a lo visto en el caso anterior, para obtener el valor de las pérdidas por empalmes se multiplica el número de empalmes por las pérdidas en cada uno de ellos.

En el trayecto Tambo quemado - Oruro, es evidente que a lo largo de los 170 km se ha realizado varios empalmes para unir tramos de fibra (típicamente cada 5 km dado que normalmente las extensión de los carretes de fibra vienen de 4 y 5 km).

Para los empalmes de fibra óptica las pérdidas de inserción máximas no deben superar los 0,3 dB.

5.6. SELECCION DE BANDEJAS DE FIBRA OPTICA

Las bandejas de fibra óptica están ubicados en cada radio base del tramo , existirá uno en la radio base Tambo Quemado ,también la radio base llanos ,radio base jolke como

en la radio base Oruro Sur serán los receptores finales del fin de fibra para nuestro caso necesitaremos solo seis bandejas para todo el tramo propuesto

| Bandejas de fibra óptica | | |
|--------------------------------|------|-------|
| Descripción | Und. | Cant. |
| Bandeja para RBS TAMBO QUEMADO | Pza | 1 |
| Bandeja para RBS ORURO SUR | Pza | 1 |
| Bandeja para RBS LLANOS | Pza | 2 |
| Bandeja para RBS JOLKE | Pza | 2 |
| TOTAL DE BANDEJAS | pza | 6 |

Tabla 2.7 Cantidad de bandejas de fibra óptica

Fuente: Propia

Los tipos de bandeja que escogeremos serán los LINXCON de 24 puertos para conectores FC



Figura 2.10 Bandejas de fibra óptica

Fuente: Propia

5.7. SELECCION DE CONECTORES

La selección del tipo de conector para el enlace fue una petición de la empresa Telecel s.a. el usar el tipo de conector FC el cual es optimo para la transmisión de datos.

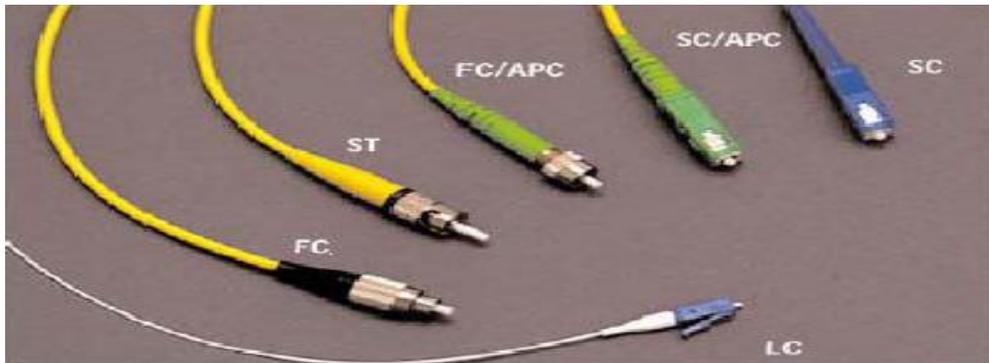


Figura 2.11 Selección del tipo de conector FC

Fuente: Propia

Las pérdidas en los conectores, se calcula de manera convencional, multiplicando el número de los conectores empleados, por las pérdidas de cada uno ellos.

Para obtener la pérdida por conector en el ODF se acude a las características típicas del conector FC especificadas en la tabla y se toma un valor promedio de 0.5 dB.

| Características del Conector FC | |
|---------------------------------|---|
| Tipo de Conector | FC |
| Tipo de Fibra | Fibra Monomodo |
| Longitud de Onda | 1310 nm o 1550 nm |
| Perdidas por Inserción | Valor típico 0,2 dB, valor máximo ≤ 0.5 Db |
| Perdidas por Retorno | Valor típico 65 dB, valor minimo > 60 dB |

Tabla 2.8 datos técnico conector FC

Fuente: Propia

Una vez teniendo todo el cable de fibra óptica tendido en el tramo entre las localidades de Tambo Quemado hasta Oruro y teniendo los finales de fibra en ambos extremos, se procede a realizar las fusiones de fibra óptica tanto en las bandejas de empalme como en las cajas empalme

5.8. PROCESO DE FUSION DE LA FIBRA OPTICA

Para nuestro enlace el número de fusiones que se realizaran depende de la cantidad hilos que se fusionaran por caja y por bandeja

| CANTIDAD DE EMPALMES | | |
|--------------------------|----------|----------------------|
| Descripción | cantidad | HILOS A EMPALMAR |
| Bandeja tambo quemado | 1 | 24 |
| Bandeja Oruro sur | 1 | 24 |
| Bandejas llanos | 2 | 48 |
| Bandeja jolke | 2 | 48 |
| Cajas de empalme | 43 | 1032 |
| TOTAL DE EMPALMES | | 1176 EMPALMES |

Tabla 2.9 cantidad de fusiones

Fuente: Propia

Entonces el material de empalme será el siguiente:

| Material de Empalme | | |
|---------------------------|------|-------|
| Descripcion | Und. | Cant. |
| Caja de empalme 24 Hilos. | Pza | 43 |
| Bandejas de distribución | Pza | 6 |

Tabla 2.10 material de fusión

Fuente: Propia

5.8.1. Consideraciones antes de la Fusión

- **Preparación:** A continuación explicaremos el método estándar y recomendado por todos los fabricantes para la preparación del cable de Fibra Óptica.
Se instalarán conos de protección alrededor de estas y una tienda de campaña dentro de la cual se ejecutarán los trabajos de preparación y fusionado de las fibras, esto para evitar que polvo, afecte el rendimiento de la maquina fusionadora por suciedad en las fibras.
- **Desenchaquetado:** Con el uso de herramientas especializadas, cortador de cables de fibra óptica, se efectúa la remoción de la chaqueta protectora, primeramente preparando un surco o corte suave a la distancia requerida (de acuerdo a las instrucciones de la caja de empalme a utilizarse) para descubrir los tubos protectores, después con la ayuda del hilo guía (la mayoría de fabricantes colocan hilos guía de corte en los cables de FO) cortaremos transversalmente la chaqueta hasta el surco realizado anteriormente, finalmente se procede con suavidad a retirar la chaqueta protectora.



Figura 2.12 Desenchaquetado de la fibra óptica

Fuente: Propia

- **Recorte de tubo protector:** El tubo protector debe recortarse cuidadosamente para que se puedan ver las fibras. Usaremos un cortador de tubo protector para estriar el tubo protector en intervalos de 12 a 16 pulgadas (30 a 40 cm). Flexionaremos el tubo protector hacia atrás y adelante hasta que encaje y de inmediato deslice el tubo para sacarlo de las fibras.

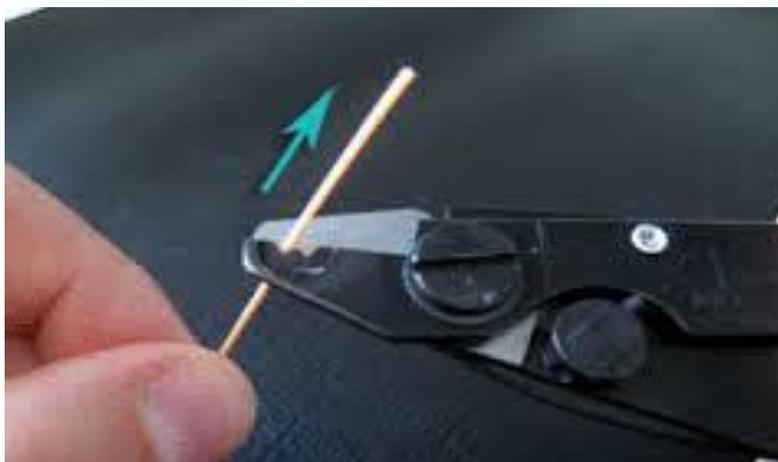


Figura 2.13 descubrimiento del tubo de fibra óptica

Fuente: Propia

- **Fijación en la Caja de Empalme:** Una vez definida la medida de corte del tubo protector, se procederá a fijar los tubos a la bandeja de empalme envueltos con material aislante y fijados con cinturones especiales que generalmente vienen en el kit de accesorios de toda caja de empalme.
- **Remoción de fibras:** Ahora se puede remover la fibra expuesta. Los cables usan una fibra monomodo de 125 μm con cubierta según el estándar de la industria de 250 μm . Un removedor de fibras removerá la capa exterior uniformemente. No se removerá más de 2 pulgadas (5 cm) a la vez para evitar dañar la fibra desnuda o un corte total. Después de remover una fibra, limpiaremos el cable con alcohol isopropílico en una proporción del 96% y con un paño sin pelusas para remover el residuo de la capa. Se mantendrá el manejo de las fibra desnudas y limpias a un nivel mínimo, el próximo paso es efectuar el corte y proceder con el empalme

lo mas rápido posible para evitar el contacto con contaminantes ambientales que afecten el valor de atenuación al momento de fusionar.



Figura 2.14 pelado de los hilos de fibra óptica

Fuente: Propia

- **Corte de fibras:** Para esto paso contamos con cortadores de fibra de alta precisión, con esto lograremos un corte dentro del margen de 1° que es aceptable para lograr al mínimo la perdida de atenuación. Previa limpieza tal como se explicó en el paso anterior procederemos al corte tratando de dejar al mínimo fibra desnuda o sin revestimiento (no más de 1/2 pulg. [1,25 cm]).

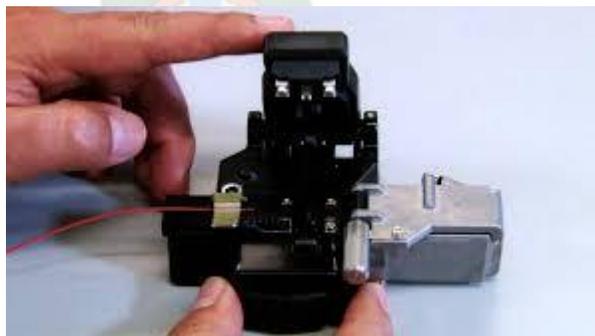


Figura 2.15 corte de fibra óptica

Fuente: propia

La utilización de cortadoras de precisión permitirá la realización de fusiones con valores de atenuación ideales, como 0 dB.

5.8.2. Proceso de Fusión.

El proceso de fusión de vidrio requiere de diferentes parámetros por la densidad de oxígeno existente en función de la altura sobre el nivel de mar.

Utilizaremos máquinas de fusión que se ajustan de manera automática a la altura permitiendo realizar fusiones con muy baja atenuación. Las características más importantes de estas máquinas son las siguientes.

- Una fuente térmica de fusión, un arco eléctrico.
- Abrazaderas de ranura en V para sostener las fibras
- Una manera de distribuir las fibras para su óptimo empalme
- Una manera de visualizar las fibras (pantalla de visualización) para poder apreciar la alineación respectiva.
- LID (Inyección y Detección Local) y/o PAS (Sistema de Alineación de Perfiles) para ayudar con la alineación de fibras.



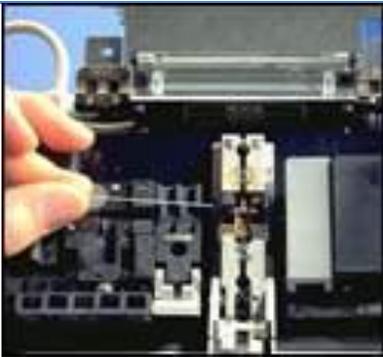
Figura 2.16 Fusionadora Fujikura FSM-60S

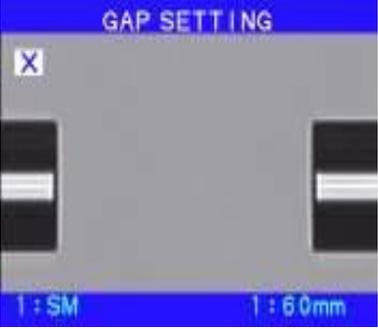
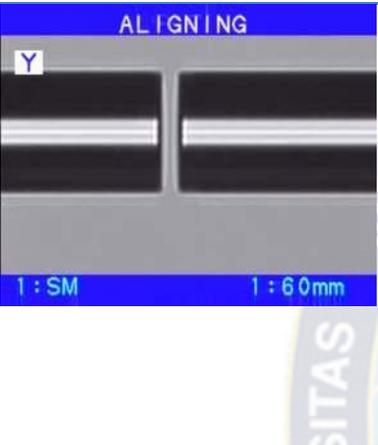
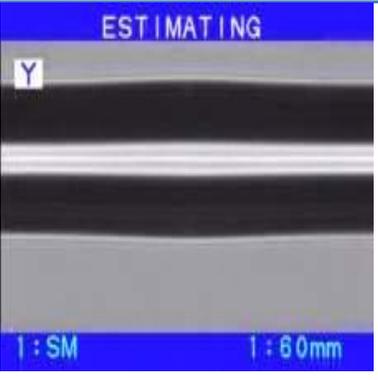
Fuente: Propia

| Herramientas para la Fusión de FO | |
|--|---|
| Herramienta | Descripción |
| Fusionadora | Realiza la unión de dos cables de F.O. de acuerdo a las normas establecidas |
| Cortadora | Realiza cortes de F.O. precisos para su empalme. |
| Striper | Es que ayuda quitar el esmalte de F.O. |
| Electrodos | Se realiza el Cambio de electrodos cuando ya cumplido con la cantidad de fusiones a realizar. |
| Termo contraíbles | Se usa para proteger la fusión de dos hilos |
| Alcohol Isopropilico | Nos ayuda para limpieza de los hilos a fusionar |
| Pera Sopladora | Sirve para la limpieza del equipo |
| Sangradora | Sirve para quitar los tubos de protección de la fibra |
| Peladora de Cubiertas | Ideal para el desnudo de cables y tubos |

Tabla 2.11 herramientas de fusión

Fuente: Propia

| Proceso de fusión de FO | |
|---|---|
| Figura | Descripción |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Cuidando que la fibra no contacte con nada. • Introduce en la zapata de la empalmadora sobre las marcas indicadas. • Repetir el procedimiento con la otra fibra |

| | |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> • En la pantalla se verán las dos puntas, pudiéndose observar si el ángulo es perfectamente recto, sino fuera así la máquina no nos permitiría empalmar. • Si no fuera así la fusionadora te rechaza para volver a cortar las fibras |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Ejecutando la función de empalme, estando la empalmadora ajustada en modo automático, la misma procederá a alinear en los ejes x e y, y a acercar las puntas a la distancia adecuada. • Antes del proceso de alineamiento la máquina hace un proceso de limpieza automático previo a la fusión. |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Una vez cumplido esto, a través de un arco eléctrico dado entre dos electrodos, aplicará una corriente de pre fusión durante el tiempo de pre fusión, y luego una corriente de fusión durante el tiempo de fusión. |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Luego hará una estimación (muy aproximada) del valor de atenuación resultante. |

| | |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Finalmente la pantalla nos muestra el valor estimado de atenuación de empalme (muy aproximada). |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • La zona del empalme es sumamente delicada por lo que se protege de diferentes maneras. • con manguitos termocontraíble los que poseen un soporte metálico. |

Tabla 2.12 Proceso de fusión de la fibra óptica

Fuente: Propia

Este proceso de fusión es el mismo tanto para las cajas de empalme como para las bandejas de distribución

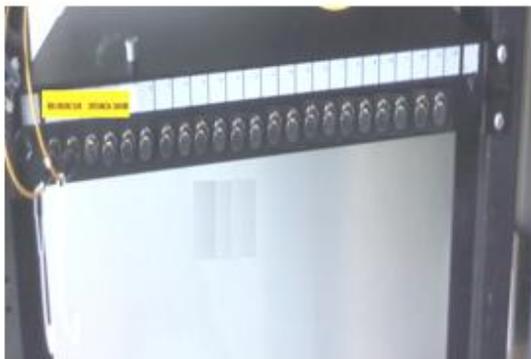


Figura 2.17 Cajas de empalme y bandejas fusionadas

Fuente: Propia



BANDEJAS RBS TAMBO QUEMADO



BANDEJAS RBS ORURO SUR

2.18 Figura bandejas de fibra óptica

Fuente: Propia

Ya teniendo el enlace físico de fibra óptica correctamente fusionado lo que procede después la parte de certificación de la fibra óptica

5.9. PROCESO DE CERTIFICACION DE LA FIBRA OPTICA

Este proceso de certificación establece la factibilidad del enlace en el cual se puede establecer y ver las pérdidas con la cuales cuenta el enlace de fibra óptica también en este enlace se puede ver las pérdidas intermedias generadas por las fusiones de fibra óptica

Para la certificación se utilizan los siguientes equipos descritos en la siguiente

| Equipos de Certificación de fibra óptica | |
|--|--|
| Herramienta | Descripción |
| OTDR | Realiza una traza del enlace con todas las pérdidas existentes en red, como también la distancia total del enlace. |
| Bobina de Lanzamiento | Para verificar la pérdida del primer conector del enlace. |
| PowerMiter | Realiza una medida de potencia, Para verificar la pérdida total del enlace. |
| VFL | Para verificar si existen cortes en la fibra y si no existen conexiones intercambiadas en los empalmes realizados. |

Tabla 2.13 Equipos de Certificación de FO

Fuente: Propia

La certificación de nuestro enlace de fibra óptica se realizara en base al equipo otdr que se muestra en la figura



Figura 2.19 Equipo OTDR

Fuente: Propia

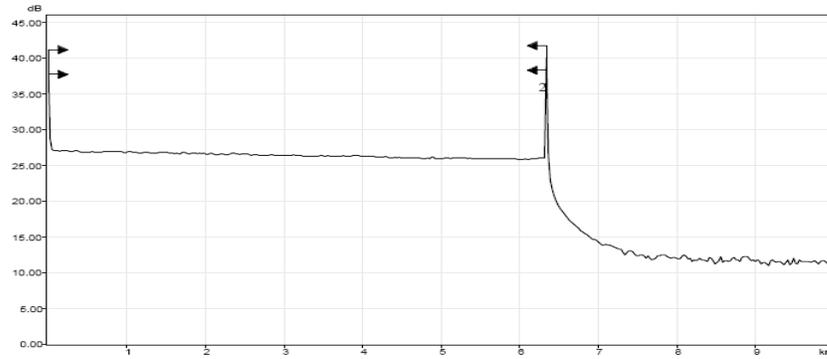


Figura 2.20 Trazo de una Trayectoria de F.O. PERFECTA

Fuente: Propia

Después de realizar la medición del enlace para verificar que se mantienen dentro de los límites marcados por la norma, el paso siguiente es realizar su informe correspondiente del enlace para comprobar que el sistema de cableado cumple las exigencias del cliente como también para su correspondiente certificación de un buen trabajo realizado.

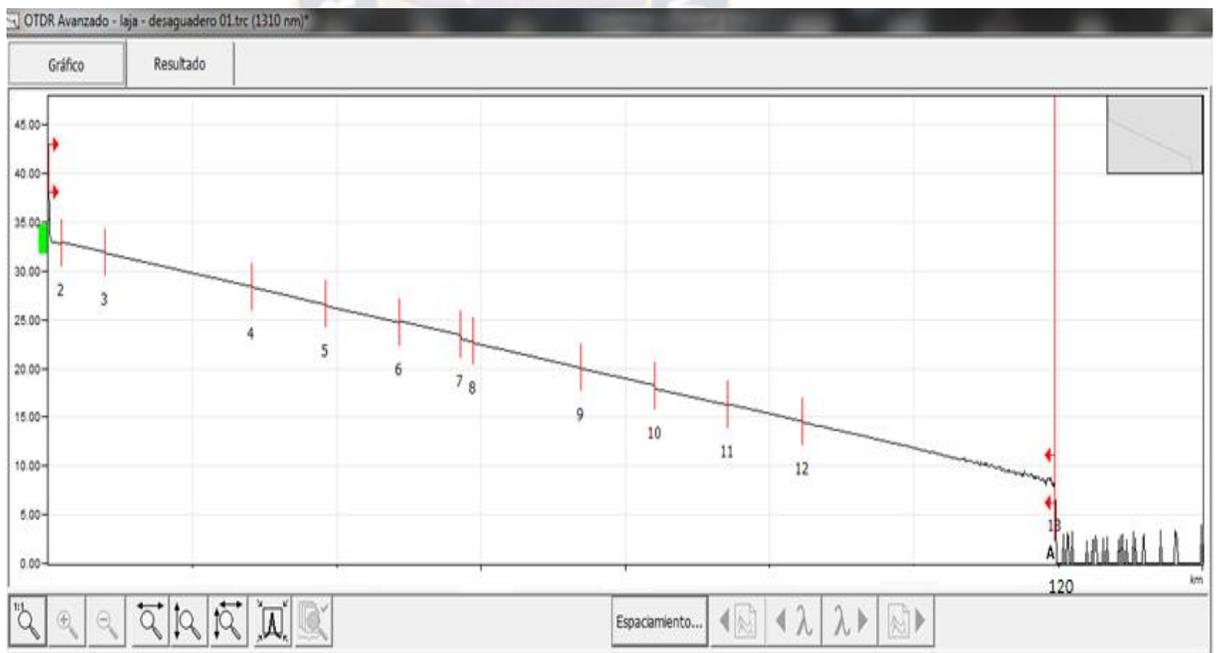


Figura 2.21 Trazo de la certificación con OTDR

Fuente: Propia

5.10. CÁLCULOS PARA VER SI EL ENLACE ES FACTIBLE

Para ver si el enlace llega a ser factible necesitamos los datos totales de las atenuaciones de los trayectos trayecto el cual nos dará a conocer la atenuación total del trayecto

| Presupuesto de Perdidas RBS TAMBO QUEMADO - LLANOS | | | |
|---|-------------|--------------|--------------------------|
| Perdidas | Und. | Cant. | Presupuesto Total |
| Perdidas por empalmes | 0.3 | 19 | 5.7 db |
| Perdidas por enfrentamiento | 0.5 | 2 | 1 db |
| Perdida de la fibra | 0.2 | 75 | 15 db |
| PERDIDA TOTAL DEL ENLACE | | | 21.7 db |

| Presupuesto de Perdidas RBS LLANOS – RBS JOLKE | | | |
|---|-------------|--------------|--------------------------|
| Perdidas | Und. | Cant. | Presupuesto Total |
| Perdidas por empalmes | 0.3 | 11 | 3.6 db |
| Perdidas por enfrentamiento | 0.5 | 2 | 3 db |
| Perdida de la fibra | 0.2 | 45 | 9 db |
| PERDIDA TOTAL DEL ENLACE | | | 15.3Db |

| Presupuesto de Perdidas RBS JOLKE – RBS ORURO SUR | | | |
|--|-------------|--------------|--------------------------|
| Perdidas | Und. | Cant. | Presupuesto Total |
| Perdidas por empalmes | 0.3 | 12 | 12.9 Db |
| Perdidas por enfrentamiento | 0.5 | 2 | 1 db |
| Perdida de la fibra | 0.2 | 50 | 10 db |
| PERDIDA TOTAL DEL ENLACE | | | 23.9 Db |

Tabla 2.14 Pérdidas de los tramos

Fuente: Propia

A continuación veremos más las características técnicas del ATN- 910

| Características Técnicas del ATN - 910 | |
|---|---|
| Equipo | Características |
| ATN 910 | 1.28 Tbps(128λs*10Gbps) Hasta 4000 km |
| | 2.56 Tbps (64λs*40Gbps) hasta 1000 km |
| | Banda L extendida (1553 a1608nm) |
| Potencia en Recepción | -32 dBm |
| Potencia de Transmisión | 25.5 dBm |
| Interfas cliente | STM-16, STM-64, STM-256 BER<10 ⁻¹⁰ |
| Fibra Compatible | ITU-T G.655 Prysmyam |
| | ITU-T G.652 (SSMF) |

Tabla 2.15 Datos técnico Huawei ATN-910

Fuente: Propia

Considerando los datos del equipo, podemos calcular el factor de atenuación de la fibra , donde el factor de atenuación será (ΔP) se suele calcular como la diferencia entre la potencia de salida del transmisor (P_{Tx}) y la sensibilidad del receptor (P_{Rx} limite, que representa el máximo valor de pérdidas que puede tolerar el sistema para asegurar una recepción óptica de nivel potencia.

Calculo de Potencia de Recepción (ΔP).

Datos:

$$P_{Tx}=25.5 \text{ dBm}, P_{Rx}= -32 \text{ dB}, M_s= 2 \text{ (dB)}$$

$$\Delta P= P_{Tx}-P_{Rx} \text{ limite (dB)}$$

$$\Delta P= 25,5-(-32 \text{ dB})$$

$$\Delta P= 52.5 \text{ dB}$$

De la ecuación se observa que el resultado es 52.5 dB. En lo cual se certifica que los enlaces al tener las atenuaciones con los valores de 21.7, 15.3, 23.9 db y son menores al valor máximo los enlaces llegan hacer factibles

5.11. ANÁLISIS DE TRÁFICO

Para realizar el análisis de tráfico para la red de redundancia de fibra óptica entre la localidad de Tambo quemado y la ciudad de Oruro, la empresa telecel s.a. nos facilito unas tablas del tráfico generado en los años anteriores en la ciudad de Oruro

| AÑO | CANTIDAD DE USUARIOS | TRÁFICO GENERADO |
|------|----------------------|------------------|
| 2012 | 182700 | 232 Gbps |
| 2013 | 234526 | 284 Gbps |
| 2014 | 280056 | 310 Gbps |
| 2015 | 310005 | 347Gbps |

Tabla 2.16 trafico generado hasta 2015

Fuente: telecel s.a.

Si vemos el punto de vista de las operadoras en la ciudad de Oruro en la generación del tráfico de datos como se ve en la figura 2.22



Figura 2.22 Trafico generado en la ciudad de Oruro

Fuente: telecel s.a.

Se puede observar que nuestra participación en el servicio de Internet, independiente de la tecnología, es bajo dado que coteor se encuentra 62%, Entel con el 24%, Viva con el 6% y Tigo con el 8%, por lo cual se estima un crecimiento grande a futuro.

Según la siguiente tabla proporcionada por la empresa telecel s.a. del análisis de tráfico nos muestra el tráfico generado hasta el 2015 y la cantidad de tráfico y usuarios a la cual se pretende llegar hasta el 2023

| AÑO | CANTIDAD DE USUARIOS | TRAFICO GENERADO |
|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| 2012 | 10324 | 232 Gbps |
| 2013 | 11356 | 284 Gbps |
| 2014 | 11845 | 310 Gbps |
| 2015 | 12103 | 347Gbps |
| 2016 | 13483 | 403 Gbps |
| 2017 | 13917 | 490 Gbps |
| 2018 | 13587 | 523 Gbps |
| 2019 | 13601 | 552 Gbps |
| 2020 | 13812 | 598 Gbps |
| 2021 | 14012 | 640 Gbps |
| 2022 | 15045 | 706 Gbps |
| 2023 | 14232 | 704 Gbps |

■ Datos a alcanzar en los próximos años

■ Datos alcanzados hasta el 2015

Tabla 2.17 alcance de tráfico a futuro

Fuente: Telecel s.a

Por lo cual vemos en las anteriores tablas el tráfico generado en los últimos años se estima un tráfico de 347 Gbps por lo cual se pretende alcanzar casi el doble del tráfico para el 2023 que sería de 704 Gbps teniendo este dato podemos hacer un análisis en base al enlace de fibra propuesto

Podemos mencionar que la empresa telecel cuenta con una modulación DWDM este tipo de modulación dentro de lo que es el tema de fibra óptica DWDM se encuentra en la ventana de los 1550 nm

Los sistemas DWDM son capaces de transportar señales ópticas con grandes anchos de banda. En general los sistemas DWDM utilizan láser que tienen una velocidad de bit de 10 Gbps (STM-64) y pueden multiplexar a 240 longitudes de onda. Esto provee un máximo de 2,4 Tbps sobre una sola fibra óptica. Los nuevos sistemas DWDM son capaces de soportar velocidades de 40 Gbps (STM-256) por cada longitud de onda con 300 canales multiplexados. A raíz de esto se podrán transmitir 12 Tbps de ancho de banda sobre una misma fibra.

Para este diseño los equipos que se utilizarán son del orden 16 canales por fibra con una tasa de 10 Gbit por segundo. Obteniendo un total de 160 Gbits por fibra.

El número total de fibras a ser instaladas corresponde a 24 hilos para mantener la consistencia de los fabricantes de fibra se instalaran 24 Hilos.

Según los datos provistos por la empresa telecel s.a lo que se pretende a futuro es de lograr un generación de tráfico para el 2023 de 704 Gbps por lo cual hacemos una análisis

| CALCULO DE LA DEMANDA AL 2023 | | |
|---|-------------|-------------|
| Demanda esperada para 2023 | 352 | Gbps |
| Trafico de sistema DWDM Bidireccional | 352 | Gbps |
| Sistema de Proteccion 1*1 Bidireccional | 704 | Gbps |
| Total Demanda para 2023 | 1408 | Gbps |

Tabla 2.18 demanda 2023

Fuente: Propia

Por lo cual nuestro equipo de fibra como ya lo mencionamos anterior mente puede transmitir 160 Gbps para generar la cantidad de 704 Gbps se requerirá el uso de 5 hilos de la red de fibra óptica y 3 puertos de transmisión del CX 600 pero como estos equipos trabajan con dos hilos en la transmisión como en la recepción se debe de hacer el uso de 6 hilos de la red de fibra óptica y para poder generar el sistema de protección del enlace se requerirá de otro 6 hilos que servirán como resguardo del enlace por lo cual se tiene aun 12 hilos restantes los cuales sirven como ampliación para años posteriores





CAPITULO III
IMPLEMENTACION DE
SOFTWARE Y
HARDWARE

6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL HARDWARE

6.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Para el presente proyecto se pretende seleccionar Atn-910 de la marca huawei

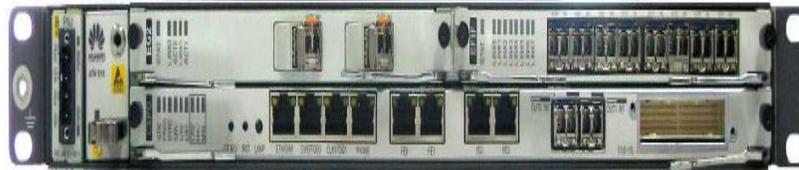


Figura 3.1 Atn 910

Fuente manual huawei

Este equipo se instalara dentro de todas las radio bases la función que cumplirá el equipo es la de hacer la transmisión de datos desde el multiplexor que se encuentra en la radio base Tambo quemado hacia la radio base de jolke cuando llegue hay el equipo se encargara de hacer una redundancia del servicio de gsm de la radio base por fibra como también el de regenerar la señal de los datos transmitidos desde tambo quemado para volverlos a enviar por otro puerto hacia la radio base llanos la misma función cumplirá en llanos hasta llegar a la radio base de Oruro sur

6.2. INSTALACIÓN FÍSICA DEL EQUIPO

La instalación física del equipo la veremos a continuación:

Lo primero es la fijación del equipo al rack instalado en la radio base por medio de pernos jaula para la sujetacion del equipo

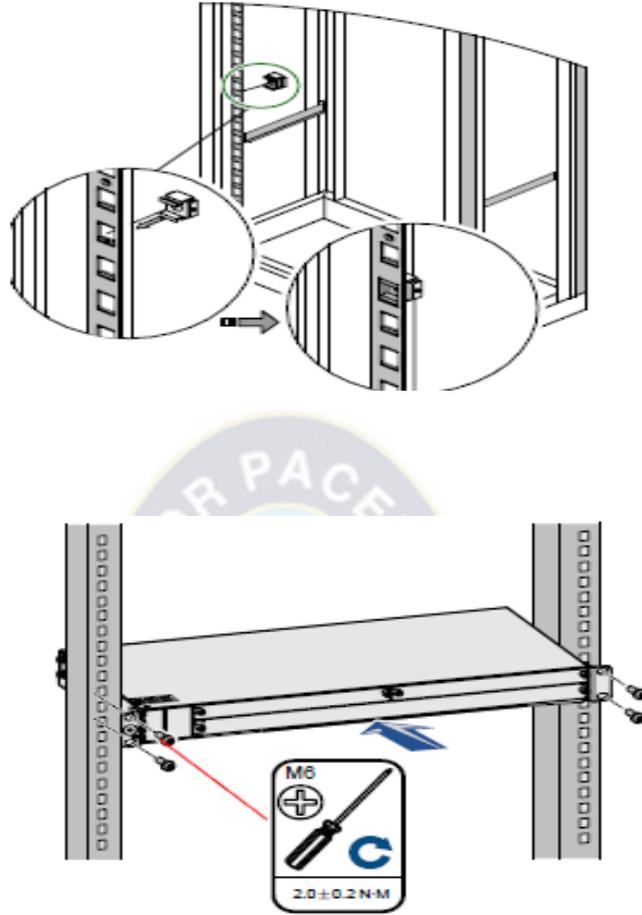


Figura 3.2 Fijación del equipo Atn 910

Fuente: manual huawei

Una vez hecha la fijación del equipo en el rack se debe de hacer la instalación de las tarjetas de interfaz que vienen en el quit de instalación

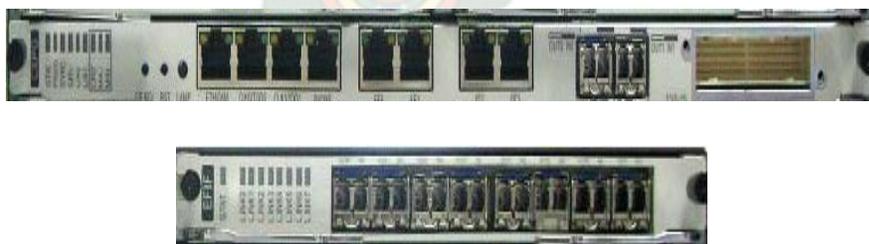


Figura 3.3 tarjeta de instalación Atn 910

Fuente manual huawei

Estas son las tarjetas de interfaz E1, la tarjeta de puertos fibra optica

Luego de hacer la instalación de los equipos se debe de hacer la conexión de la fuente de tensión al equipo

El equipo trabaja con una fuente de $-48\text{ v} + 48\text{v}$ el cual es ideal ya que los grupos generadores en la las radio bases de la empresa telecel s.a. cumplen con este requerimiento por lo cual a continuación veremos su instalacion

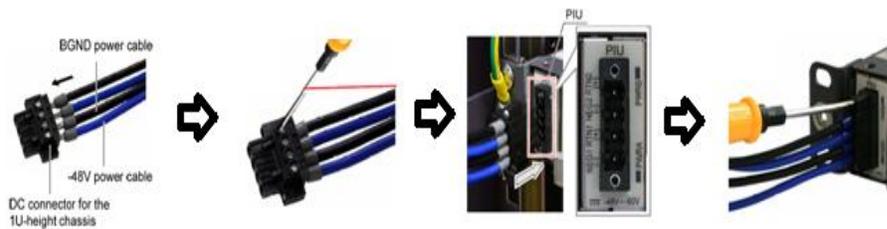


Figura 3.4 alimentación de energía

Fuente: manual huawei

Para este enlace en el cual la distancia entre radio base tiene un promedio de 50 km se utilizara los transivers de la marca huawei de 80 km para la transmisión los dado estos transeiver se encargan de convertir las señales electromagnéticas en luz y viceversa



Figura 3.5 transeiver monomodo

Fuente: manual huawei

Pero para hacer la conexión a la bandeja de fibra óptica hacia el equipo transmisor el Atn – 910 necesitaremos un pach cord que deberían de ser del tipo fc/lc para hacer la conexión



Figura 3.6 pach cord fc /lc

Fuente: manual huawei

Pero también necesitaremos para hacer la conexión del multiplexor al Atn-910 por lo cual utilizaremos un pach cord pero esta vez con el tipo lc/lc



Figura 3.7 pach cord lc/lc

Fuente: manual huawei

Una vez echa todas las conexiones físicas tendremos el siguiente esquema físico en cada radio base

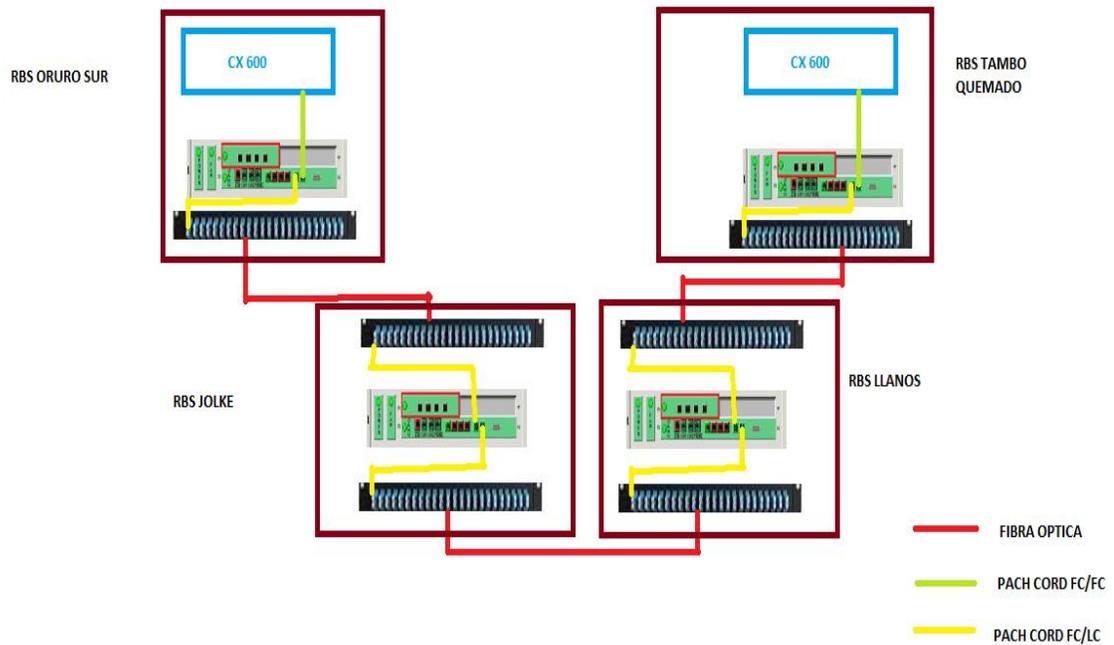


Figura 3.8 esquema físico de los enlaces

Fuente: manual huawei

6.3. INSTALACION DEL SOFTWARE

Para la configuración de router huawei los Atn - 910 la conexión es vía cable de consola estándar



Figura 3.9 cable de consola

Fuente: manual huawei

Se puede conectar a la pc o una laptop a través de un conversor usb-serial



Figura 3.10 conversor usb- serial

Fuente: manual huawei

La conexión de este cable se debe de hacer al puerto **OAM del Atn – 910** pero se requiere un programa para que estos cables reconozcan en nuestras pc

El software que podemos utilizar para conectarnos puede de ser el putty , hiperterminal , tera tem en nuestro caso utilizaremos el tera tem



Figura 3.11 ventana tera term

Fuente: manual huawei

Ingresamos y nos saldrá la siguiente ventana

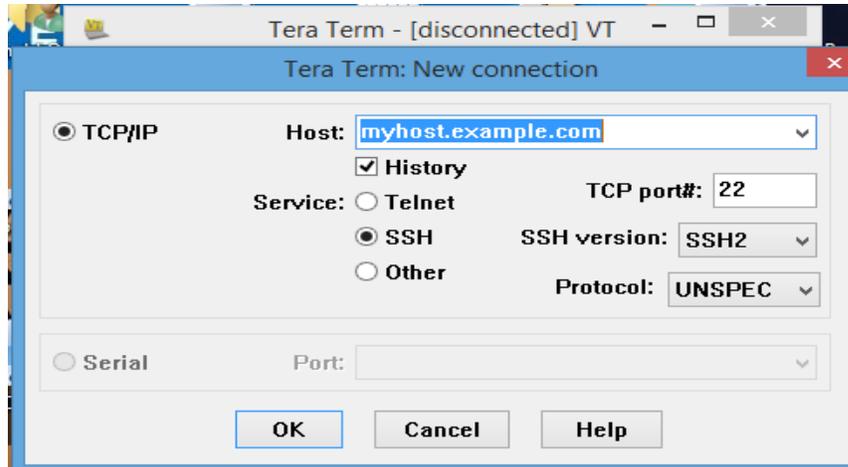


Figura 3.12 ventana de selección del tera term

Fuente: propia

Seleccionamos la opción serial y tendremos acceso a la terminal del equipo huawei el cual nos pedirá un usuario y contraseña los cuales lo colocaremos de la siguiente forma

User: Huawei

Password: Huawei123@

Una vez ingresado el usuario y el password podremos ingresar a la terminal del equipo huawei

Para poder configurar el equipo se requiere la asignación de ip por sectores estas ip las asigno soporte técnico de tigo dependiendo del sector de la radio base que son las siguientes :

| Sitio | VLAN | PUERTO | Sitio Origen | Puerto | Red IP |
|-------------------------|------|--------|--------------|--------|------------------|
| RBS TAMBO QUEMADO | 500 | 0/2/0 | RBS LLANOS | 0/2/1 | 172.24.80.156/30 |
| RBS LLANOS | 500 | 0/2/0 | RBS JOLKE | 0/2/1 | 172.24.80.160/30 |
| RBS | 501 | 0/2/0 | RBS ORURO | 0/2/1 | 172.24.81.56/30 |

| | | | | | |
|-------|-----|-------|-----------|-------|-----------------|
| JOLKE | | | SUR | | |
| ORURO | | | PUERTO CX | | |
| SUR | 502 | 0/2/0 | ORURO SUR | 0/2/1 | 172.24.81.52/30 |

Tabla 3.1 Asignacion de ip

Fuente: Soporte tecnico tigo

6.3.1. Configuración atn 910 Tambo Quemado

```

#
System-view
Sysname LPZ_TAMBO_QUEMADO_ATN910
#
El usuario configurado sera:
User: huawei
Password : Huawei123@
#
aaa
local-user huawei password simple Huawei123@
local-user huawei service-type ftp terminal telnet
local-user huawei level 3
local-user huawei ftp-directory ccard:/
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
authentication-mode aaa
user privilege level 3
#
interface GigabitEthernet0/2/0
description To_LPZ_TAMBO_QUEMADO_CX600-X2-G7/7/1
undo shutdown

```

```
#
interface GigabitEthernet0/2/0.500
vlan-type dot1q 500
description To_LPZ_TAMBO_QUEMADO_CX600-X2_O&M
ip address 172.24.80.158 255.255.255.252
#
#
ip route-static 172.24.22.6 255.255.255.255 172.24.80.157 description U2000
ip route-static 172.24.22.17 255.255.255.255 172.24.80.157 description NTP
#
ntp-service source-interface GigabitEthernet0/2/0.500
ntp-service unicast-peer 172.24.22.17
ntp-service unicast-server 172.24.22.17
#
snmp-agent
snmp-agent local-engineid 800007DB034C1FCC9DE8BB0B (confirmar Yes)
snmp-agent community read cipher public
snmp-agent community write cipher private
snmp-agent sys-info version all
snmp-agent target-host inform address udp-domain 172.24.22.6 params securityname
huawei v2c
snmp-agent trap source GigabitEthernet0/2/0.500
snmp-agent notification-log enable
snmp-agent inform timeout 10
snmp-agent trap enable (confirmar Yes)
#
interface GigabitEthernet0/2/1
description To_LPZ_TAMBO_QUEMADO_CX600-X2-G0/2/0
undo shutdown
#
interface GigabitEthernet0/2/0.501
```

```

vlan-type dot1q 501
description To_LPZ_TAMBO_QUEMADO_CX600-X2_O&M
ip address 172.24.80.159 255.255.255.252
#
#
ip route-static 172.24.22.6 255.255.255.255 172.24.80.158 description U2000
ip route-static 172.24.22.17 255.255.255.255 172.24.80.158 description NTP
#
ntp-service source-interface GigabitEthernet0/2/0.501
ntp-service unicast-peer 172.24.22.17
ntp-service unicast-server 172.24.22.17
#
snmp-agent
snmp-agent local-engineid 800007DB034C1FCC9DE8BB0B (confirmar Yes)
snmp-agent community read cipher public
snmp-agent community write cipher private
snmp-agent sys-info version all
snmp-agent target-host inform address udp-domain 172.24.22.6 params securityname
huawei v2c
snmp-agent trap source GigabitEthernet0/2/0.501
snmp-agent notification-log enable
snmp-agent inform timeout 10
snmp-agent trap enable (confirmar Yes)
#

```

6.3.2. configuración atn 910 LLanos

```

#
System-view
Sysname LPZ_LLANOS_ATN910
#
El usuarion configurado sera:

```

User: huawei

Password : Huawei123@

#

aaa

local-user huawei password simple Huawei123@

local-user huawei service-type ftp terminal telnet

local-user huawei level 3

local-user huawei ftp-directory cfcad:/

#

user-interface con 0

user-interface vty 0 4

authentication-mode aaa

user privilege level 3

#

interface GigabitEthernet0/2/0

description To_LPZ_LLANOS_ATN_910-X2-G0/2/1

undo shutdown

#

interface GigabitEthernet0/2/0.500

vlan-type dot1q 500

description To_LPZ_LLANOS_ATN_910-X2_O&M

ip address 172.24.80.162 255.255.255.252

#

#

ip route-static 172.24.22.6 255.255.255.255 172.24.80.161 description U2000

ip route-static 172.24.22.17 255.255.255.255 172.24.80.161 description NTP

#

ntp-service source-interface GigabitEthernet0/2/0.500

ntp-service unicast-peer 172.24.22.17

ntp-service unicast-server 172.24.22.17

#

```
snmp-agent
snmp-agent local-engineid 800007DB034C1FCC9DE8BB0B (confirmar Yes)
snmp-agent community read cipher public
snmp-agent community write cipher private
snmp-agent sys-info version all
snmp-agent target-host inform address udp-domain 172.24.22.6 params securityname
huawei v2c
snmp-agent trap source GigabitEthernet0/2/0.500
snmp-agent notification-log enable
snmp-agent inform timeout 10
snmp-agent trap enable (confirmar Yes)
#
interface GigabitEthernet0/2/1
description To_LPZ_LLANOS_CX600-X2-G0/2/0
undo shutdown
#
interface GigabitEthernet0/2/0.501
vlan-type dot1q 501
description To_LPZ_LLANOS_CX600-X2_O&M
ip address 172.24.81.57 255.255.255.252
#
#
ip route-static 172.24.22.6 255.255.255.255 172.24.81.56 description U2000
ip route-static 172.24.22.17 255.255.255.255 172.24.81.56 description NTP
#
ntp-service source-interface GigabitEthernet0/2/0.501
ntp-service unicast-peer 172.24.22.17
ntp-service unicast-server 172.24.22.17
#
snmp-agent
snmp-agent local-engineid 800007DB034C1FCC9DE8BB0B (confirmar Yes)
```

```
snmp-agent community read cipher public
snmp-agent community write cipher private
snmp-agent sys-info version all
snmp-agent target-host inform address udp-domain 172.24.22.6 params securityname
huawei v2c
snmp-agent trap source GigabitEthernet0/2/0.501
snmp-agent notification-log enable
snmp-agent inform timeout 10
snmp-agent trap enable (confirmar Yes)
#
```

6.3.3. Configuración atn 910 Jolke

```
#
System-view
Sysname LPZ_ JOLKE_ ATN910
#
El usuarion configurado sera:
User: huawei
Password : Huawei123@
#
aaa
local-user huawei password simple Huawei123@
local-user huawei service-type ftp terminal telnet
local-user huawei level 3
local-user huawei ftp-directory cfcad:/
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
authentication-mode aaa
user privilege level 3
#
```

```
interface GigabitEthernet0/2/0
description To_LPZ_JOLKE_ATN_910-X2-G7/7/1
undo shutdown
#
interface GigabitEthernet0/2/0.500
vlan-type dot1q 500
description To_LPZ_JOLKE_ATN_910-X2_O&M
ip address 172.24.81.58 255.255.255.252
#
#
ip route-static 172.24.22.6 255.255.255.255 172.24.81.57 description U2000
ip route-static 172.24.22.17 255.255.255.255 172.24.81.57 description NTP
#
ntp-service source-interface GigabitEthernet0/2/0.500
ntp-service unicast-peer 172.24.22.17
ntp-service unicast-server 172.24.22.17
#
snmp-agent
snmp-agent local-engineid 800007DB034C1FCC9DE8BB0B (confirmar Yes)
snmp-agent community read cipher public
snmp-agent community write cipher private
snmp-agent sys-info version all
snmp-agent target-host inform address udp-domain 172.24.22.6 params securityname
huawei v2c
snmp-agent trap source GigabitEthernet0/2/0.500
snmp-agent notification-log enable
snmp-agent inform timeout 10
snmp-agent trap enable (confirmar Yes)
#
interface GigabitEthernet0/2/1
description To_LPZ_JOLKE_CX600-X2-G0/2/0
```

```

undo shutdown
#
interface GigabitEthernet0/2/0.501
vlan-type dot1q 501
description To_ LPZ_JOLKE_CX600-X2_O&M
ip address 172.24.81.53 255.255.255.252
#
#
ip route-static 172.24.22.6 255.255.255.255 172.24.81.53 description U2000
ip route-static 172.24.22.17 255.255.255.255 172.24.81.53 description NTP
#
ntp-service source-interface GigabitEthernet0/2/0.501
ntp-service unicast-peer 172.24.22.17
ntp-service unicast-server 172.24.22.17
#
snmp-agent
snmp-agent local-engineid 800007DB034C1FCC9DE8BB0B (confirmar Yes)
snmp-agent community read cipher public
snmp-agent community write cipher private
snmp-agent sys-info version all
snmp-agent target-host inform address udp-domain 172.24.22.6 params securityname
huawei v2c
snmp-agent trap source GigabitEthernet0/2/0.501
snmp-agent notification-log enable
snmp-agent inform timeout 10
snmp-agent trap enable (confirmar Yes)
#

```

6.3.4. Configuración atn 910 Oruro sur

```

#
System-view

```

Sysname LPZ_ ORURO_SUR_ATN910

#

El usuario configurado sera:

User: huawei

Password : Huawei123@

#

aaa

local-user huawei password simple Huawei123@

local-user huawei service-type ftp terminal telnet

local-user huawei level 3

local-user huawei ftp-directory cfcad:/

#

user-interface con 0

user-interface vty 0 4

authentication-mode aaa

user privilege level 3

#

interface GigabitEthernet0/2/0

description To_ LPZ_ ORURO_SUR_ATN_910-X2-G2/0/1

undo shutdown

#

interface GigabitEthernet0/2/0.500

vlan-type dot1q 500

description To_ LPZ_ ORURO_SUR_ATN_910 -X2_O&M

ip address 172.24.81.53 255.255.255.252

#

La IP marcada en verde tiene que ser la IP de la subinterfaz .500 del CX600-X2 al que se conecta el

ATN910

#

ip route-static 172.24.22.6 255.255.255.255 172.24.81.52 description U2000

```
ip route-static 172.24.22.17 255.255.255.255 172.24.81.52 description NTP
#
ntp-service source-interface GigabitEthernet0/2/0.500
ntp-service unicast-peer 172.24.22.17
ntp-service unicast-server 172.24.22.17
#
snmp-agent
snmp-agent local-engineid 800007DB034C1FCC9DE8BB0B (confirmar Yes)
snmp-agent community read cipher public
snmp-agent community write cipher private
snmp-agent sys-info version all
snmp-agent target-host inform address udp-domain 172.24.22.6 params securityname
huawei v2c
snmp-agent trap source GigabitEthernet0/2/0.500
snmp-agent notification-log enable
snmp-agent inform timeout 10
snmp-agent trap enable (confirmar Yes)
#
```



CAPITULO IV
EVALUACION DE
COSTOS

7. EVALUACION DE COSTOS

Para la elaboración de los costos en nuestro proyecto estableceremos primero todo el material que debemos usar, veremos los precios individuales y los precios totales del material usado en el proyecto y también los precios por la instalación de los materiales.

6.3. MATERIAL A USAR PARA EN EL ENLACE DE FIBRA OPTICA

A continuación veremos las cantidades de los materiales externos, usados en la instalación

| ITEM | CANTIDAD |
|---|------------|
| Poste HoAo DE 9 m. | 850 |
| Poste HoAo DE 12 m. | 9 |
| Poste de madera tratada de 9 m | 0 |
| Accesorios poste terminal duplo | 1918 |
| Accesorios poste terminal | 38 |
| Accesorios poste de paso | 271 |
| Accesorios cruce aéreo | 0 |
| Accesorios con brazo de extensión | 16 |
| Accesorios para rienda de poste | 105 |
| Accesorios para reserva de fibra óptica | 174 |
| Accesorios para subida lateral | 2 |
| Cable de 24 fibras adss aéreo | 170.000,00 |
| Cable de acero 3/16 | 450 |
| Devanado con alambre de acero | 540 |
| Accesorio cajas de empalme intermedio | 43 |

Tabla 4.1 material externo

Fuente: Propia

También tenemos el material que se usara dentro de las 4 radios bases tanto para la Rbs. Tambo Quemado – Rbs llanos – Rbs jolke -Rbs Oruro sur.

| ITEM | CANTIDAD |
|---|----------|
| Provision de sub-bastidor (odf) para indoor 24 fibras ópticas | 6 |
| Provision de adaptador fc/pc | 144 |
| Provision de pig-tail conectorizado fc/pc de l = 1,5 m. | 144 |
| Atn 910 huawei | 4 |

Tabla 4.2 material interno

Fuente: Propia

6.4. COSTOS UNITARIOS

Dentro de estos costos veremos los precios unitarios del material, como los precios de instalación también de forma unitaria que se verá más especificado en las siguientes tablas

| ITEM | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO |
|-----------------------------------|----------|-----------------|
| | | USD (DDP C/IVA) |
| Poste HoAo DE 9 m. | 1 | 223,9 |
| Poste HoAo DE 12 m. | 1 | 505,7 |
| Poste de madera tratada de 9 m | 1 | 0 |
| Accesorios poste terminal duplo | 1 | 30 |
| Accesorios poste terminal | 1 | 30 |
| Accesorios poste de paso | 1 | 12,5 |
| Accesorios cruce aéreo | 1 | 0 |
| Accesorios con brazo de extensión | 1 | 35,4 |
| Accesorios para rienda de poste | 1 | 28,2 |
| Accesorios para reserva de fibra | 1 | 72,78 |

| | | |
|---------------------------------------|---|------|
| óptica | | |
| Accesorios para subida lateral | 1 | 38,1 |
| Cable de 24 fibras adss aéreo | 1 | 2,07 |
| Cable de acero 3/16 | 1 | 1 |
| Devanado con alambre de acero | 1 | 0,3 |
| Accesorios para instalación mural | 1 | 0 |
| Accesorio cajas de empalme intermedio | 1 | 88,3 |

Tabla 4.3 costo unitario material externo

Fuente: Propia

| ITEM | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO |
|---|----------|-----------------|
| | | USD (DDP C/IVA) |
| Provision de sub-bastidor (odf) para indoor 24 fibras ópticas | 1 | 651,6 |
| Provision de adaptador fc/pc | 1 | 9,5 |
| Provision de pigtail conectorizado fc/pc de l = 1,5 m. | 1 | 7,3 |
| Atn 910 huawei | 1 | 2470,9 |

Tabla 4.4 costo unitario material externo

Fuente: Propia

| ITEM | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO USD (DDP C/IVA) |
|---|-----------------|--|
| Instalación de poste de hormigón armado pretensado de 9 m | 1 | 74,5 |
| Instalación de poste de hormigón armado pretensado de 12 m | 1 | 150,6 |
| Instalación de poste de madera tratada de 9 m | 1 | 0 |
| Instalación de accesorios poste terminal duplo | 1 | 8,2 |
| Instalación de accesorios poste terminal | 1 | 8,2 |
| Instalación de accesorios poste de paso | 1 | 8,2 |
| Instalación de accesorios cruce aéreo | 1 | 0 |
| Instalación de accesorios para poste de paso con brazo de extensión | 1 | 7,5 |
| Instalación de accesorios para rienda de poste | 1 | 44,7 |
| Instalación de accesorios para reserva de fibra óptica | 1 | 29,8 |
| Instalación de accesorios para subida lateral | 1 | 44,7 |
| Instalación anti vibradores | 1 | 0 |
| Instalación de accesorios puesta a tierra (1ra. jabalina) | 1 | 0 |
| Instalación externa de accesorios para ingreso aéreo a sala de equipos | 1 | 0 |
| Instalación de cable de 24 fibras adss aéreo | 1 | 0,5 |

| | | |
|---|---|-----|
| Cruce aéreo tipo americano | 1 | 0 |
| Instalación de cable de acero 3/16 | 1 | 0,5 |
| Instalación de devanado con alambre de acero | 1 | 0,5 |
| Instalación de accesorios mural | 1 | 0 |

Tabla 4.5 costo de instalación del material externo

Fuente: Propia

| ITEM | Cantidad | Precio unitario USD (DDP c/IVA) |
|--|-----------------|--|
| Ejecución de empalme sin derivación para f.o. | 1 | 31,25 |
| Ejecución de empalme de terminación en sub-bastidor para cable f.o. | 1 | 31,25 |

Tabla 4.6 costo unitario por empalme

Fuente: Propia

| ITEM | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO USD (DDP C/IVA) |
|---|-----------------|--|
| instalación de sub-bastidor (dio) para indoors 24 fibras | 1 | 148,9 |
| provisión de adaptador fc/pc | 1 | 1,5 |
| provisión de pigtail conectorizado fc/pc de l = 1,5 m. | 1 | 1,5 |
| provisión de rack | 1 | 194 |
| instalación interna de accesorios en | 1 | 37,9 |

| | | |
|----------------|---|------|
| shelter | | |
| Atn 910 huawei | 1 | 1043 |

Tabla 4.7 Costo unitario de instalación de material interno

Fuente: Propia

| ITEM | CANTIDAD | Precio unitario USD (DDP c/IVA) |
|---|-----------------|--|
| Prueba de retrodifusion bidireccional de f.o. 24 | 1 | 23,9 |

Tabla 4.8 costo unitario por certificación

Fuente: Propia

6.5. COSTOS TOTALES

Dentro de estos costos estableceremos los costos totales del material y la instalación de los equipos

| ITEM | CANTIDAD | Precio unitario USD (DDP c/IVA) | Precio Total USD (DDP c/IVA) |
|--|-----------------|--|---|
| Poste HoAo de 9 m. | 850 | 223,9 | 190315 |
| Poste HoAo de 12 m. | 9 | 505,7 | 4551,30 |
| Accesorios poste terminal duplo | 1918 | 30 | 57540 |
| Accesorios poste terminal | 38 | 30 | 1440 |
| Accesorios poste de paso | 271 | 12,5 | 3387,50 |
| Accesorios con brazo de extensión | 16 | 35,4 | 566,4 |

| | | | |
|---|------------|-------|---------------|
| Accesorios para rienda de poste | 105 | 28,2 | 2961 |
| Accesorios para reserva de fibra óptica | 174 | 72,78 | 12663,7 |
| Accesorios para subida lateral | 2 | 38,1 | 76,2 |
| Cable de 24 fibras adss aéreo | 170.000,00 | 2,07 | 351900 |
| Cable de acero 3/16 | 450 | 1 | 450 |
| Devanado con alambre de acero | 540 | 0,3 | 162 |
| Accesorio cajas de empalme intermedio | 43 | 88,3 | 3796,9 |
| COSTO TOTAL | | | 629810 |

Tabla 4.9 costo total material externo

Fuente: Propia

| ITEM | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO USD (DDP C/IVA) | PRECIO TOTALUSD (DDP C/IVA) |
|--|-----------------|--|--|
| Provisión de sub- bastidor (odf) para indoor 24 fibras ópticas | 6 | 651,6 | 3909,6 |
| Provisión de adaptador fc/pc | 144 | 9,5 | 1368 |
| Provision de pig-tail | 144 | 7,3 | 1051,2 |

| | | | |
|--------------------------------------|---|--------|-----------------|
| conectorizado fc/pc de l = 1,5 m. | | | |
| Atn 910 huawei | 4 | 2470,9 | 9883,86 |
| | | | 16212,66 |

Tabla 4.10 costo total material interno

Fuente: Propia

| ITEM | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO USD (DDP C/IVA) | PRECIO TOTAL USD (DDP C/IVA) |
|--|-----------------|--|---|
| Instalación de poste de hormigón armado pretensado de 9 m | 850 | 74,5 | 63.325 |
| Instalación de poste de hormigón armado pretensado de 12 m | 9 | 150,6 | 1355,4 |
| Instalación de accesorios poste terminal duplo | 1918 | 8,2 | 15.727,60 |
| Instalación de accesorios poste terminal | 38 | 8,2 | 311,60 |
| Instalación de accesorios poste de paso | 42 | 8,2 | 344,4 |
| Instalación de accesorios para poste de paso con brazo de extensión | 16 | 7,5 | 120 |
| Instalación de accesorios para rienda de poste | 105 | 44,7 | 4.693,50 |
| Instalación de accesorios para | 174 | 29,8 | 5185,2 |

| | | | |
|---|------------|------|-----------------|
| reserva de fibra óptica | | | |
| Instalación de accesorios para subida lateral | 2 | 44,7 | 89,4 |
| Instalación anti vibradores | 0 | 0 | 0 |
| instalación de cable de 24 fibras adss aéreo | 170.000,00 | 0,5 | 85.000 |
| cruce aéreo tipo americano | 0 | 0 | 0 |
| instalación de cable de acero 3/16 | 450 | 0,5 | 225 |
| instalación de devanado con alambre de acero | 540 | 0,5 | 270 |
| | | | 176647,1 |

Tabla 4.11 costo total de instalación del material externo

Fuente: Propia

| ITEM | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO USD (DDP C/IVA) | PRECIO TOTAL USD (DDP C/IVA) |
|---|----------|---------------------------------|------------------------------|
| Ejecución de empalme sin derivación para f.o. | 1032 | 31,25 | 32250 |
| Ejecución de empalme de terminación en sub-bastidor para cable f.o. | 144 | 31,25 | 4500 |
| COSTO TOTAL | | | 36750 |

Tabla 4.12 costo total por empalme

Fuente: Propia

| ITEM | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO USD (DDP C/IVA) | PRECIO TOTAL USD (DDP C/IVA) |
|---|-----------------|--|-------------------------------------|
| Instalacion de sub-bastidor (dio) para indoors 24 fibras | 6 | 148,9 | 893,4 |
| Provision de adaptador fc/pc | 144 | 1,5 | 216 |
| Provision de pig-tail conectorizado fc/pc de l = 1,5 m. | 48 | 1,5 | 216 |
| Provision de rack Indoor | 2 | 194 | 388 |
| Instalacion interna de accesorios en shelter | 2 | 37,9 | 75,8 |
| | | | 1789,2 |

Tabla 4.13 Costo total de instalación de material interno

Fuente: Propia

| ITEM | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO USD (DDP C/IVA) | PRECIO TOTAL USD (DDP C/IVA) |
|--|----------|---------------------------------|------------------------------|
| Prueba de retrodifusion bidireccional de f.o. 24 | 144 | 23,9 | 3441,6 |
| | | | 3441,6 |

Tabla 4.14 costo total por certificación

Fuente: Propia

| ITEM | Cantidad | Precio unitario USD (DDP c/IVA) | Precio Total USD (DDP c/IVA) |
|---|----------|---------------------------------|------------------------------|
| gestion de permisos y recorrido del trazado | 1 | 1.449,50 | 1.449,50 |
| | | | 1449,50 |

Tabla 4.15 Costo total por permisos

Fuente: Propia

| ITEM | Cantidad | Precio unitario USD (DDP c/IVA) | Precio Total USD (DDP c/IVA) |
|--|----------|---------------------------------|------------------------------|
| Transporte de materiales y personal para instalación | 1 | 10.618,30 | 10.618,30 |
| | | | 10618,30 |

Tabla 4.16 Costo total por transporte y personal

Fuente: Propia

| TOTALES COSTOS | PRECIO TOTAL USD (DDP C/IVA |
|--|--|
| Costo total material externo | 629810 |
| Costo total material interno | 16212,66 |
| Costo total de instalación del Material externo | 176647,1 |
| Costo total por empalme | 36750 |
| Costo total de instalación de Material interno | 1789,2 |
| Costo total por certificación | 3441,6 |
| Costo total por permisos | 1449,50 |
| Costo total por transporte y personal | 10618,30 |
| COSTO TOTAL | 876718,36 |

Tabla 4.14 costo totales sumados

Fuente: Propia

Este llegarían hacer el costo total del enlace de todo el material usado y pronosticado de nuestro proyecto en dólares



CAPITULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

En este proyecto, se realizó la implementación de una red de redundancia de fibra óptica para la ciudad de Oruro en base a una necesidad real que tenía la red de la empresa Telecel s.a. se planteó una ruta alterna que permita una transmisión segura de los datos, lo cual también permitirá el mantenimiento preventivo de la actual red .

Se llegó a generar pérdidas de atenuación, que están dentro de los parámetros establecidos en el trayecto de la red tanto en los empalmes intermedios, como en los conectores y en el empalme bidireccional.

Se realizó la instalación un multiplexor para la transmisión de datos se pudo ver en una forma detallada la implementación del Atn 910 Huawei tanto su implementación de hardware y software.

Se hizo un análisis de costos, en el cual pudimos ver los costos de materiales de forma individual como de forma total para el enlace de fibra óptica entre la localidad de Tambo Quemado y la ciudad de Oruro

Se pudo observar los tipos de tendidos, como también el planteamiento en la selección de materiales para el enlace de fibra óptica.

Se vio el manejo de equipos de fusión de fibra óptica de forma automáticas y también equipos para la certificación de la fibra óptica los cuales establecieron valores óptimos para el diseño de la red de fibra óptica.

7.2. RECOMENDACIONES

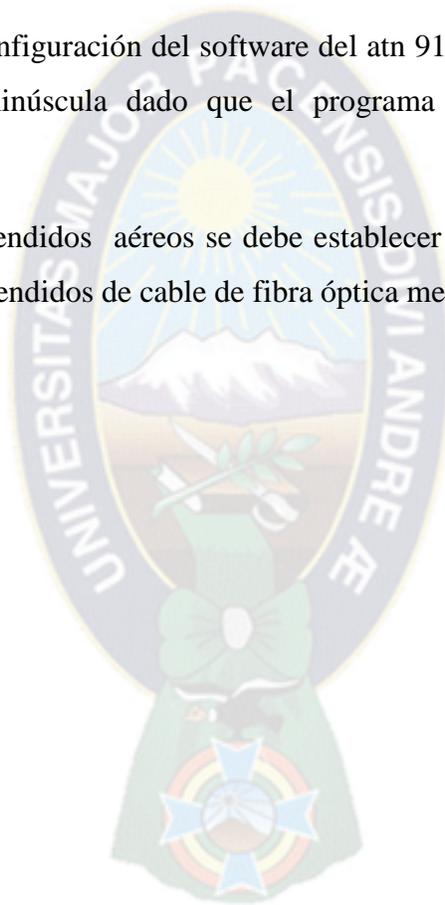
Cabe mencionar que para las fusiones de fibra óptica se establece pérdidas menores a 0.3 db.

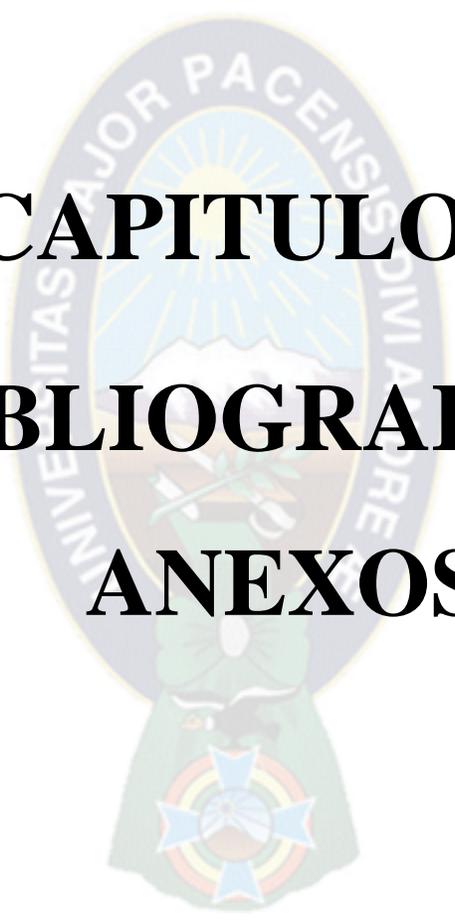
La pérdida máxima en los acopladores no puede sobrepasar los 0.5 db

La reflectancia el momento de la certificación debe de estar en un rango de -40 -60 en las medidas de otdr.

Para el proceso de configuración del software del atn 910 huawei los comandos tienen que ser todos en minúscula dado que el programa no reconoce los términos en mayúscula.

Para la parte de los tendidos aéreos se debe establecer una altura mínima de 5 metros no se podrá realizar tendidos de cable de fibra óptica menores a estas





CAPITULO VI
BIBLIOGRAFIA Y
ANEXOS

8. CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA Y ANEXOS

8.1. BIBLIOGRAFÍA:

- https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica 2/05/2016
- <http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/fibra.html> 2/05/2016
- <http://modul.galeon.com/aficiones1366320.html> 7/05/2016
- <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduccionResumen%20FO.pdf> 21/05/2016
- http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/opteca/optopdf7_archivos/unidad7tema2.pdf 21/05/2016
- <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32715/1/manicarinconmanuel.pdf>
21/05/2016
- Alcatel-Lucent, “INTERNEXA selects Alcatel-Lucent’s 100G fiber optic technology to dramatically” 22/05/2016
- A. Cartaxo, “Chapter 4, Optical Fibre Telecommunication Systems,” Instituto Superior Técnico, 2011. 21/05/2016
- EITF, Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling, 2012, p. 27.
24/05/2016
- http://www.encuentrosregionales.com/anteriores/14conferencias/encreg2010__seminario_fibraoptica-curvaturas_furukawa.pdf 06/06/2016

<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduFO3.pdf> 08/06/2016

http://www.seguridadaerea.gob.es/media/3785415/modulo05_cap10.pdf 15/04/2016

http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/opteca/optopdf7_archivos/unidad7tema2.pdf 03/07/2016

Atn 910 huawei Photonic Service Switch 32 (PSS 32) Product Information and Planning Guide, Release 2.0.0 03/07/2016

Atn 910 huawei Photonic Service Switch 32 (PSS-32) User Provisioning Guide, Release 2.0.0 03/07/2016

Atn 910 huawei Photonic Service Switch 32 (PSS 32) Maintenance and Trouble Clearing Guide, Release 2.0.0 03/07/2016

Atn 910 huawei Photonic Service Switch (PSS) TLI Command Guide, Release 2.0.0 03/07/2016

Atn 910 huawei Photonic Service Switch 32 (PSS 32) CLI Command Guide, Release 2.0.0 03/07/2016

Atn 910 huawei Photonic Service Switch 32 (PSS 32) Engineering & Planning Tool User Guide, Release 2.0.0 03/07/2016

Atn 910 huawei Release 7.0.0 Photonic Manager EMS Reference Guide 03/07/2016

8.2. ANEXOS

dB/Km : decibeles x kilometro

Core: Núcleo

Cladding: Cubierta

UIT: Unión Internacional de telecomunicación

CWDM: multiplexión para división de longitud de onda gruesa

EDFA: Amplificadores de fibra dopada con Erblio

WDM: wavelength division multiplexing

SOA : Semiconductor optico amplificador

ROV: vehículos de operación remota

HDPE :High-density polyethylene

ADSS: All Dielectric Self-Supporting

OPGW : Optical Ground Wire

LAN : redes de área local

PTx : potencia de transmisión

PRx: potencia de recepción

AP : Atenuación

DWDM: multiplexado compacto por división en longitudes de onda

CWDM: Multiplexación por división en longitudes de onda ligeras

OADM : An optical add-drop multiplexer

PDU: power distribution unit

GND: Tierra del sistema

UTP : Par trenzado sin blindaje

SFP: transceptor de factor de forma pequeño conectable

CLI: Command Line Interface

TL1: Transaction Language 1

IP: protocolo de internet

TCO: total cost of ownership

FTP: Protocolo de Transferencia de Archivos

ETR: Extended temperature range

PSS: Photonic Service Switch

DCMs: dispersion compensating module

SFD44:44-channel DWDM static filter

OSPF: Open Shortest Path First

OSC: Optical Supervisory Channel

RU: rack unit

CPE: customer premises equipment

GCC: General communications channel

NE: network element