Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Electrónica

Desarrollo de aplicación de software para automatizar el diseño de enlaces ópticos y su aplicación en un enlace para la central Minas - San Francisco.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
INGENIERO ELECTRÓNICO

Autor:

WILSON LEONARDO GÓMEZ PAUTA

Director:

LEOPOLDO CARLOS VÁZQUEZ RODRÍGUEZ

CUENCA - ECUADOR
2015

DEDICATORIA

A mis padres Alberto y Lidia, por brindarme un cariño sincero e incondicional durante toda mi vida y por ser pilares fundamentales en mi formación académica.

A mis hermanos Maricela, Wilmer y Xavier por brindarme el apoyo que siempre necesite y por creer tanto en mí.

A mis cuñados Esteban y Lorena, por su cariño y apoyo constante.

A mis sobrinos Joaquín, Nicolás y Julieta por darme tanta felicidad y motivarme en todas las actividades que realizo.

AGRADECIMIENTO

A Dios y la Virgen, por darme salud y sabiduría para alcanzar esta meta.

A todos mis profesores y de manera muy especial al Lcdo. Leopoldo Vázquez, al Ing. Juan Córdova y al Ing. Daniel Iturralde por su asesoramiento constante y por el tiempo que asignaron para la revisión de este trabajo.

Al Ing. John Paul Rockwood, funcionario de CELEC E.P, por haberme facilitado los datos y la información requerida en este trabajo.

Al Ing. Edgar Pauta y al Ing. Félix González, funcionarios de Etapa, por aportar con datos y acertados comentarios para hacer realidad este proyecto.

DESARROLLO DE APLICACIÓN DE SOFTWARE PARA AUTOMATIZAR EL DISEÑO DE ENLACES ÓPTICOS Y SU APLICACIÓN EN UN ENLACE PARA LA CENTRAL MINAS - SAN FRANCISCO.

RESUMEN

Este trabajo presenta un software para automatizar el diseño de enlaces de fibra óptica, la aplicación calcula el balance de potencias, verifica la capacidad de transmisión requerida y visualiza el trazado de fibra óptica sobre un mapa real detallando la atenuación producida hasta cualquier punto de interés del trazado.

Utilizando el software se diseña un enlace para la Central Minas - San Francisco de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP y una vez obtenida la cantidad de rubros necesarios para la instalación se realiza un análisis de costos unitarios y cálculo de un presupuesto referencial para la construcción del enlace.

Finalmente se obtienen los requisitos necesarios para registrar el enlace ante la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones).

Palabras clave: Fibra óptica, ITU-T, balance de potencia, balance de tiempos, software diseño de redes, Minas–San Francisco.

Leopoldo Carlos Vázquez Rodríguez
Director de Tesis

Hugo Marcelo Torres Salamea
Director de Escuela

Wilson Leonardo Gómez Pauta
Autor

DEVELOPMENT OF SOFTWARE APPLICATION TO AUTOMATE THE DESIGN OF OPTICAL LINKS AND ITS APPLICATION IN A LINK FOR THE MINAS-SAN FRANCISCO HYDROELECTRIC POWER PLANT

ABSTRACT

This paper presents a software application to automate the design of fiber optic links. The application calculates the power balance, verifies the required transmission capacity, and displays the layout of fiber optic on a real map, detailing the attenuation produced to any point of interest of the design.

We use the software to design a link for *Minas-San Francisco* Electric Corporation of Ecuador CELEC EP; and after obtaining the amount of items required for the installation, we performed a unit cost analysis and calculation of reference budget for the link construction.

Finally, we obtained the necessary requirements to register the link with ARCOTEL (Agency for Regulation and Control of Telecommunications).

Keywords: Optical Fiber, ITU-T, Power Balance, Time Balance, Software Network Design, *Minas-San Francisco*.

Leopoldo Carlos Vázquez Rodríguez
Thesis Director

Hugo Marcelo Torres Salamea
School Director

Wilson Leonardo Gómez Pauta
Author

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Dpto. Idiomas

Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTO iii
RESUMEN iv
ABSTRACT v
ÍNDICE DE CONTENIDOS vi
ÍNDICE DE TABLAS ix
ÍNDICE DE FIGURAS x

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE REDES DE FIBRA ÓPTICA **3**

1.1 Teoría sobre Fibra Óptica 3
1.2 Partes de la Fibra Óptica 3
1.3 Ventanas de Transmisión Óptica 4
1.4 Principio de Funcionamiento de la Transmisión del Haz de Luz 4
1.5 Tipos de Fibra Óptica 5
1.5.1 Fibra Multimodo 5
1.5.2 Fibra Monomodo 6
1.6 Pérdidas producidas en enlaces ópticos 6
1.6.1 Pérdidas por Absorción 6
1.6.2 Pérdidas por Dispersión de Rayleigh y Mie 7
1.6.3 Perdidas por curvaturas 7
1.6.4 Perdidas por microcurvaturas 8
1.7 Dispersión en un Enlace Óptico 8
1.7.1 Dispersión Modal 8
1.7.2 Dispersión Cromática del Material 9
1.7.3 Dispersión Cromática de Guía de Onda 9
1.7.4 Dispersión por modo de polarización 9
1.8 Calculo de atenuación en enlaces ópticos 10
1.9 Ancho de Banda del Sistema y Capacidad de Transmisión 11
1.10 Tipos de Cables de Fibra Óptica 12

1.10.1 Cable Armado 12
1.10.2 Cable ADSS 13
1.10.3 Cable Figura 8 13
1.10.4 OPGW (Optical Ground Wire) 14
1.11 Elementos de un enlace de Fibra Óptica 15
1.11.1 Transmisor Óptico 15
1.11.2 Receptor Óptico 16
1.11.3 Amplificadores Ópticos 16
1.11.4 Switch Óptico 17
1.11.5 Transceptor Óptico 18
1.11.6 Conectores 18
1.11.7 Empalmes 21
1.11.8 Rack 23
1.11.9 ODF 23
1.11.10 Pigtail 24
1.12 Instalación Aérea de Fibra Óptica 24
1.12.1 Herrajes para Instalación Aérea 24
1.12.2 Subidas a poste 25
1.13 Instalación Subterránea de Fibra Óptica 25
1.13.1 Directamente enterrada 26
1.13.2 Canalizada 26
1.14 Fibras Ópticas Normalizadas 26
1.15 Tabla de Parámetros Característicos de Fibras Ópticas Normalizadas 28

CAPÍTULO 2: DESARROLLO DE SOFTWARE PARA DISEÑO DE ENLACES OPTICOS 30

2.1 Diagrama de Flujo de la Aplicación 31
2.2 Definición de parámetros de entrada del programa 32
2.3 Explicación de las partes más relevantes del programa 34

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEFINITIVO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA 40

3.1 Análisis y descripción de materiales 40
3.2 Lista de Materiales Final 43
3.3 Resultados de la aplicación de Software 44

3.4 Resultados de Atenuación y Dispersión 46
3.5 Análisis de Costos Unitarios 47
3.5.1 Metodología de Desarrollo 47
3.5.2 Desarrollo 49
3.6 Cronograma de Trabajo 65

CAPÍTULO 4: REGISTRO DEL ENLACE EN LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES ARCOTEL 67

4.1 Descripción del proceso 67
4.2 Requisitos para el registro del enlace 67
4.3 Obtención de requisitos y llenado de los formularios 68

CONCLUSIONES 79
RECOMENDACIONES 81
BIBLIOGRAFÍA 82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación Amplificadores ópticos 17
Tabla 2: Parámetros de Fibras Normalizadas 28
Tabla 3: Lista de materiales para el Enlace Óptico Diseñado 43
Tabla 4: Resultados del diseño del enlace a través del Software 46
Tabla 5: Tabla de comisiones sectoriales del año 2015 49
Tabla 6: Equipo menor para cablistas 50
Tabla 7: Equipo menor para empalmador 50
Tabla 8: Costo por hora del vehículo. Camioneta Luv Dmax Doble Cabina 2012 51
Tabla 9: Costo por hora del OTDR 52
Tabla 10: Costo por hora de la Fusionadora 52
Tabla 11: Costo por hora del ORL 53
Tabla 12: Lista de materiales con precios unitarios 54
Tabla 13: Análisis de Costo Unitario del Tendido Aéreo 55
Tabla 14: Análisis de costo unitario del vestido de estructura 2R 56
Tabla 15: Análisis de costo unitario del vestido de estructura S 57
Tabla 16: Análisis de Costo Unitario del Transporte y Plantado de Postes 58
Tabla 17: Análisis de Costo Unitario del Montaje de Tensor a Tierra 59
Tabla 18: Análisis de Costo Unitario del Empalme Aéreo de Cable ADSS 60
Tabla 19: Análisis de costo unitario del empalme de 24 Pigtails 61
Tabla 20: Análisis de costo unitario de la colocación del triducto 62
Tabla 21: Análisis de Costo Unitario del Armado del ODF 63
Tabla 22: Análisis de Costo Unitario del Armado del Rack 64
Tabla 23: Presupuesto Total para la Construcción del Sistema 65
Tabla 24: Cronograma de Trabajo 66
Tabla 25: Formulario de información general para solicitar permiso de red privada ST - 1A 72
Tabla 26 : Formulario de información técnico para solicitar permiso de red privada ST - 2A 73
Tabla 27: Registro para la ampliación y modificación de la infraestructura del permiso de operación de red privada 74
Tabla 28: Enlaceces de red de transporte (SNT-P-000-RTF) 76
Tabla 29: SNT-P-000A Registro de infraestructura física de toda la red 77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Partes de un hilo de fibra óptica 3
Figura 2: Tipos de Fibra Óptica 5
Figura 3: Perdidas por curvaturas en la fibra 7
Figura 4: Efecto de la dispersión de pulsos 8
Figura 5: Cable Soterrado de Fibra Óptica 13
Figura 6: Cable ADSS de Fibra Óptica 13
Figura 7: Cable Figura 8 de Fibra 14
Figura 8: Cable OPGW de Fibra Óptica 14
Figura 9: Sistema óptico de comunicación 15
Figura 10: Switch Cisco Serie 4500x 18
Figura 11: Transceptor SFP 18
Figura 12: Conector ST 19
Figura 13: Conector FC 19
Figura 14: Conector SC 20
Figura 15: Conector LC 20
Figura 16: Tipos de Pulidos Extremo Fibra Óptica 21
Figura 17: Rack 23
Figura 18: ODF 24
Figura 19: Pigtail SC/APC Monomodo 24
Figura 20: Herraje de Retención o Terminal 25
Figura 21: Herraje de Paso o Suspensión 25
Figura 22: Entorno de Desarrollo NETBEANS 30
Figura 23: Diagrama de flujo de la aplicación 31
Figura 24: Panel de los Parámetros de Ingreso 32
Figura 25: Panel de Resultados 34
Figura 26: Panel de Balance de Potencia Óptica 35
Figura 27: Salida de la ventana principal de la aplicación 35
Figura 28: Ingreso de parámetros para la Generación del Mapa 36
Figura 29: Trazado del enlace en un mapa real 36
Figura 30: Panel de Resultados de la Ventana del Mapa 37
Figura 31: Cuadro de dialogo de Direcciones 38
Figura 32: Mensaje de confirmación del documento creado 38
Figura 33: Archivo PDF con el diseño del enlace 39
Figura 34: Cuadro de Parámetros de Ingreso del Diseño Final 44
Figura 35: Resultados de aplicar el software en el Enlace para la Central Minas – San Francisco 45
Figura 36: Balance Óptico de Potencia del Enlace 45
Figura 37: Trazado de Fibra Óptica 46

Gómez Pauta Wilson Leonardo
Trabajo de Graduación
Lcdo. Leopoldo Carlos Vázquez Rodríguez
Julio, 2015

DESARROLLO DE APLICACIÓN DE SOFTWARE PARA AUTOMATIZAR EL DISEÑO DE ENLACES ÓPTICOS Y SU APLICACIÓN EN UN ENLACE PARA LA CENTRAL MINAS - SAN FRANCISCO.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de velocidad en la transmisión de información ha convertido a la fibra óptica como el medio de transmisión preferido en la construcción de enlaces físicos de comunicaciones; es por esto que el trabajo realizado está orientado hacia el desarrollo de una aplicación que permite automatizar el proceso de diseño de un enlace óptico punto a punto y aplicar este software en el diseño de un sistema de comunicación óptico que enlace la Subestación con el Campamento de la Central Hidroeléctrica Minas-San Francisco de la CELEC EP – Unidad de Negocio Enerjubones.

Para la base teórica del trabajo se realizará una investigación bibliográfica, a través de libros y documentos digitales, que permitan aplicar los conocimientos adquiridos en el software y posteriormente en el diseño de un enlace en particular.

El desarrollo del software se realizará en un entorno de Desarrollo de Java conocido como Netbeans, la aplicación permitirá ingresar a través de una interfaz gráfica los parámetros de entrada, con el fin de calcular el balance de potencias, verificar la capacidad de transmisión, visualizar el trazado, la atenuación, y obtener la lista de materiales necesaria para proceder con un análisis de costos unitarios de cada rubro de instalación que será ejecutado para la construcción del proyecto. Con el costo unitario de cada rubro y las cantidades necesarias de ejecución se obtendrá un presupuesto referencial para la ejecución de la obra.

Como parte final de este trabajo se realizará una descripción del proceso necesario para registrar el enlace diseñado ante la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones); además, se concluirá con la obtención y llenado de todos los requisitos y formularios solicitados por la agencia mencionada.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE REDES DE FIBRA ÓPTICA

1.1 Teoría sobre Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión de información físico muy utilizado dentro de las telecomunicaciones, consiste en un filamento muy fino de material dieléctrico (vidrio o plástico), por el cual se propagan los pulsos de luz de un extremo a otro, estos pulsos representan la información que se pretende transmitir. Para emitir los pulsos a través de la fibra se utiliza un diodo láser o led. La fibra óptica, por sus excelentes características de transmisión, permiten transportar una gran cantidad de información a elevadas distancias. (Martín Pereda, 2004)

1.2 Partes de la Fibra Óptica

Un hilo de fibra está formado por tres partes: El Núcleo (core), el Revestimiento (cladding) y el Recubrimiento. Cada una de las partes tiene funciones especiales tanto para protección del hilo de fibra como para evitar pérdidas producidas por el escape de los rayos de luz que se propagan en el interior del medio óptico. En la figura 1 se ilustra un hilo de fibra. (Chomycz, 2002)

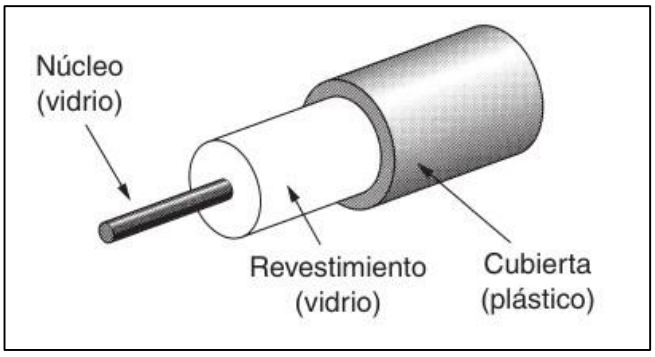

Figura 1: Partes de un hilo de fibra óptica
Fuente: Wikilibros.

- **Núcleo**: Parte interna de la fibra por donde se propagan los haces de luz y presenta un alto índice de refracción. El diámetro del núcleo influye en las características de transmisión de los diferentes tipos de fibra.

- **Revestimiento**: Parte intermedia de la fibra que tiene un índice de refracción ligeramente menor que el núcleo y permite confinar los haces de luz dentro del mismo.

- **Recubrimiento**: Parte externa que aísla y brinda protección mecánica a la fibra.

El diámetro de un hilo de fibra óptica siempre es el mismo, de 125 micrómetros, el diámetro del núcleo es el que varía en función del tipo de fibra como se verá en avance de este capítulo.

1.3 Ventanas de Transmisión Óptica

Longitudes de onda de luz en las que se puede transmitir información a través de una fibra óptica por la reducida atenuación que presentan al trabajar en ellas. Las principales ventanas de transmisión óptica son: 850, 1310, 1470, 1550 y 1625 nm. Los distintos tipos de fibra óptica están optimizados para trabajar únicamente en ciertas longitudes de onda como se verá más adelante. (Román, 2010)

1.4 Principio de Funcionamiento de la Transmisión del Haz de Luz

Para explicar la forma en que se propaga la información en el interior de la fibra óptica, se explicará el principio de reflexión interna total: Cuando un haz de luz que se desplaza por un medio con índice de refracción *n1* incide sobre la superficie de un medio con índice *n2*, siendo *n1>n2* el haz de luz puede reflejarse totalmente en el interior del medio con mayor índice. Esto se produce siempre y cuando el ángulo de incidencia $\vartheta 1$ sea estrictamente mayor que un valor calculado que se conoce como ángulo critico $\vartheta c = \sin^{-1}\frac{n2}{n1}$. (Ecured, 2015)

1.5 Tipos de Fibra Óptica

Según el número de modos de propagación del haz de luz una fibra puede ser monomodo o multimodo:

1.5.1 Fibra Multimodo

Se llama fibra multimodo por la capacidad que tiene para transportar simultáneamente los rayos de luz por múltiples modos o caminos, esto hace que el ancho de banda se reduzca y sea utilizada en enlaces de corta distancia. Al utilizar esta fibra se facilita el diseño de enlaces y se da la posibilidad de ocupar componentes de menor precisión. (Pinto & Cabezas, 2014)

Por las características del índice de refracción del núcleo y su diferencia con respecto al índice del revestimiento, se tienen dos tipos de fibra multimodo:

- **Fibra multimodo de índice escalonado**
  El índice de refracción de la sección transversal del núcleo es constante y se diferencia claramente del índice del revestimiento. Presenta una alta dispersión modal. Para entender mejor el comportamiento de este tipo de fibra se ilustra en la figura 2.

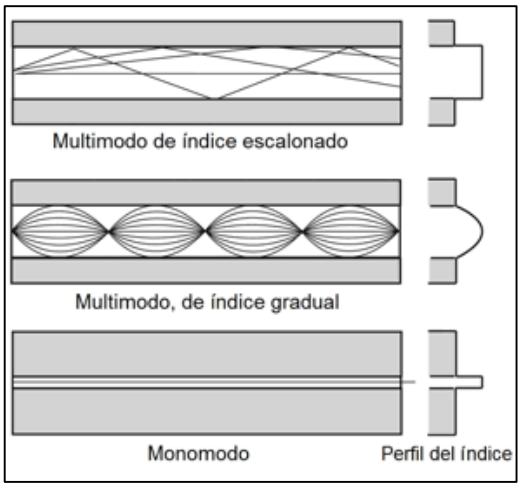

Figura 2: Tipos de Fibra Óptica
Fuente: The Fiber Optic Association, Inc.

- **Fibra multimodo de índice gradual**
  En este tipo el índice de refracción de la sección transversal del núcleo no es constante, teniendo el mayor índice en el núcleo y reduciéndose gradualmente hacia afuera. Tiene menor dispersión modal.

1.5.2 Fibra Monomodo

En este tipo de fibra los rayos de luz viajan por un solo modo o camino, esto se da gracias a la reducción del diámetro del núcleo (8.3 a 10 micrones). Su transmisión es paralela al eje de la fibra por lo que el ancho de banda que presenta es mayor y permite transmitir gran cantidad de información a mayores distancias. (Pinto & Cabezas, 2014)

La utilización de este tipo de fibra en enlaces ópticos condiciona a ocupar componentes de mayor precisión en todo el enlace.

1.6 Pérdidas producidas en enlaces ópticos

1.6.1 Pérdidas por Absorción

Estas pérdidas son ocasionadas por características físicas de la propia fibra y por impurezas que existen dentro de ella, se dice que es análoga a la disipación de potencia que se genera en los cables de cobre. Esta pérdida se produce cuando las impurezas absorben parte del haz de luz y convierten esta energía en calor. (Román, 2010)

Se tienen dos tipos de pérdidas por absorción: absorción ultravioleta y absorción infrarroja. La ultravioleta se reduce conforme aumenta la longitud de onda y se puede despreciar a partir de los 1000 nanómetros; en cambio, la infrarroja, aumenta con la longitud de onda y se considera a partir de los 1400 nanómetros.

1.6.2 Pérdidas por Dispersión de Rayleigh y Mie

Son producidas por irregularidades que se originaron en el material del núcleo de la fibra durante el proceso de fabricación de la misma, estas son difíciles de eliminar y se producen cuando los haces de luz inciden sobre las imperfecciones y se dispersan.

La dispersión de Rayleigh toma importancia cuando el tamaño de la irregularidad es menor que la longitud de onda del haz de luz; en cambio, la dispersión de Mie se da cuando la dimensión de la irregularidad es comparable con la longitud de onda de la señal. (Chomycz, 2002)

1.6.3 Perdidas por curvaturas

Como se ve en la figura 3 son pérdidas que se producen por curvaturas que tiene el cable de fibra óptica, estas curvaturas se generan al momento de la instalación y producen un cambio en el ángulo de incidencia del haz de luz sobre la superficie de separación entre el núcleo y el revestimiento. Este cambio afecta al confinamiento de los haces de luz dentro del núcleo y se producen perdidas. (Soto, 2010)

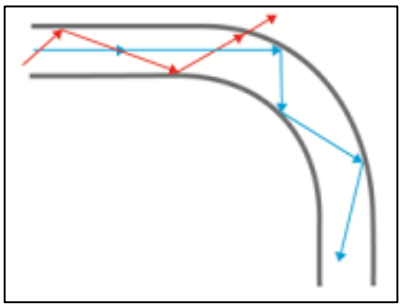

Figura 3: Perdidas por curvaturas en la fibra
Fuente: Escuela Politécnica del Ejercito

Se puede eliminar esta atenuación siempre y cuando el radio de curvatura sea menor a un valor crítico determinado por la siguiente formula:

$$\boldsymbol{Rc} = \frac{3n1^2\lambda}{4\pi(n1^2 - n2^2)^{\frac{3}{2}}}$$

1.6.4 Perdidas por microcurvaturas

Son irregularidades microscópicas que se presentan en la fibra ya sea en el proceso de fabricación o por las condiciones ambientales del lugar de operación de la fibra ya instalada. Estas microcurvaturas provocan que un pequeño porcentaje de rayos de luz se pierdan y se produzcan atenuaciones de la señal. (Pinto & Cabezas, 2014)

1.7 Dispersión en un Enlace Óptico

La dispersión que se produce en un enlace óptico es la deformación del haz de luz que recorre la fibra, esta se produce por irregularidades de distinto tipo presentes en el núcleo, las cuales hacen que el haz de luz se disperse y lleguen a su destino en un tiempo distinto al previsto. Todo este fenómeno provoca que el receptor no pueda detectar de manera correcta los pulsos de luz que llegan al destino y por lo tanto se produzca una pérdida en el sistema como se representa en la figura 4. (Bravo & Sánchez, 2012)

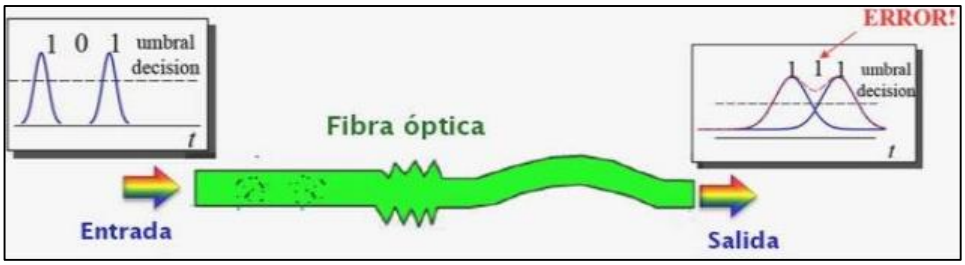

Figura 4: Efecto de la dispersión de pulsos
Fuente: Coimbra, E.

Existen varios tipos de dispersión que afectan de manera distinta a la transmisión:

1.7.1 Dispersión Modal

Este tipo de dispersión se produce únicamente en fibras multimodo; ya que los rayos de luz viajan por diferentes modos o caminos y la velocidad de circulación es diferente, los pulsos no llegan al mismo tiempo al receptor y se produce una interferencia inter simbólica que afecta a la señal de origen. (Soto, 2010)

1.7.2 Dispersión Cromática del Material

Esta se conoce también como dispersión espectral y ocurre tanto en fibra multimodo como monomodo, como se sabe el índice de refracción que presenta la fibra óptica depende de la longitud de onda del rayo de luz que viaja a través de ella. Como consecuencia de esto se tendrán diferentes velocidades de propagación, lo cual provoca un ensanchamiento del haz de luz inicial y por ende dispersión.

1.7.3 Dispersión Cromática de Guía de Onda

Es característica y afecta principalmente a fibras monomodo, esta dispersión se da porque una pequeña parte de la energía de la señal transmitida se transporta por el revestimiento de la fibra y no por el núcleo, por la diferencia de velocidades de propagación se producen diferencias en los tiempos de llegada y por lo tanto dispersión. (Pinto & Cabezas, 2014)

Este tipo de dispersión puede ser usado para cancelar la dispersión cromática del material, en fibras monomodo esta cancelación se produce en longitudes de onda cuyo valor rodea los 1310 nanómetros aproximadamente.

1.7.4 Dispersión por modo de polarización

Este tipo de dispersión se produce únicamente en fibras monomodo, en comparación con la dispersión cromática esta es de mucho menor valor. La polarización es una propiedad de la luz que hace referencia a la dirección de sus vibraciones, la luz en una fibra óptica vibra en dos direcciones perpendiculares, la variación de la velocidad entre estas direcciones hace que el pulso de luz sufra un ensanchamiento en recepción. (Nemesis, 2006)

Esta dispersión es considerable en velocidades de transmisiones elevadas, iguales o superiores a 10 Gbps y para distancias mayores a 15km.

1.8 Calculo de atenuación en enlaces ópticos

Para determinar la atenuación total que presenta un sistema óptico se considera las pérdidas en todos los recursos que intervienen en la red: Conectores, Cable de Fibra Óptica y empalmes. Se realiza este cálculo para garantizar que el sistema óptico funcione con normalidad, considerando la potencia del transmisor, la atenuación total del sistema y la sensibilidad del receptor. Dentro del cálculo de atenuación total se incluye un coeficiente de reserva, que sirve para proteger el enlace de cualquier alteración que se pueda producir en el enlace a futuro y tomando en cuenta que las condiciones tanto en el transmisor como en el receptor pueden verse afectadas con el paso del tiempo. (Martín Pereda, 2004)

El valor del coeficiente de reserva varía en función del tipo de enlace y está entre 0.1 y 0.6 dB.

$$\boldsymbol{At = \alpha * Le + \alpha_c * N_c + \alpha_e * N_e + \alpha_R * Le}$$

At = Atenuación Total del Enlace Óptico (dB).
α = Coeficiente de atenuación del cable de fibra (dB/Km).
Le = Longitud del enlace (Km).
α_c = Atenuación por conector (dB).
N_c = Número de conectores.
α_e = Atenuación por empalme (dB).
N_e = Número de empalmes.
α_R = Coeficiente de reserva de atenuación (dB/Km).

La condición para el correcto funcionamiento del enlace es que la potencia recibida en el punto de destino de la transmisión sea mayor a la sensibilidad del equipo receptor.

$$\boldsymbol{P_t - At \geq S_r}$$

P_t = Potencia del Transmisor Óptico.
At = Atenuación Total del Enlace.
S_r = Sensibilidad del Receptor.

1.9 Ancho de Banda del Sistema y Capacidad de Transmisión

El ancho de banda de un enlace óptico se ve limitado por la dispersión producida en el mismo, los diferentes tipos de dispersión afectan a los enlaces en función de las características de la fibra óptica que se utilice. Para enlaces con fibras multimodo se considera la dispersión modal y cromática (de material y de guía de onda); en cambio, en fibras monomodo se toma en consideración únicamente la dispersión cromática y la dispersión por modo de polarización. (Chacha, 2010)

El ensanchamiento que se produce en los pulsos se calcula de la siguiente forma:
Calculo de Tiempo Resultante para la Dispersión Modal:

$$t_m = \frac{0.44 * L}{B_0}$$

B_0 = Ancho de banda correspondiente a 1 Km de fibra. (Ghz*Km)

L = Longitud del enlace óptico. (Km)

Calculo del Tiempo Resultante para Dispersión Cromática:

$$t_c = Dc * \Delta\lambda * L$$

Dc = Coeficiente de Dispersión Cromática. (ps/nm*Km)

$\Delta\lambda$ = Ancho espectral de la fuente de luz láser. (nm)

L = Longitud del Enlace. (Km)

Por su cercanía con la longitud de onda de dispersión nula el coeficiente de dispersión cromática varía según la pendiente con dispersión nula y la longitud de onda de trabajo teniendo valores típicos de $3.5 \frac{ps}{nm*km}$ en 1310 nm y de $20 \frac{ps}{nm*km}$ en 1550 nm.

Cálculo del tiempo resultante para dispersión por modo de polarización:

$$t_p = D_p * \sqrt{L}$$

D_p = Coeficiente PMD (Dispersión por Modo de Polarización). (ps/√km)

L = Longitud del enlace en km.

La dispersión total en la fibra puede calcularse siguiendo la siguiente expresión:

$$t_f = \sqrt{{t_m}^2 + {t_c}^2 + {t_p}^2}$$

Siempre previo al diseño de un enlace óptico se conoce la tasa de transmisión que se pretende alcanzar con la red, según este dato se calcula el ancho de banda necesario para satisfacer la condición inicial y también el intervalo de bit de la señal digital de luz que viaja a través de la fibra para así garantizar que el ensanchamiento del pulso por dispersión no provoque que los datos se solapen unos con otros. Para garantizar la tasa de datos deseada es necesario conocer el formato de modulación con el que se generó la señal. Para un formato Sin Retorno a Cero (NRZ) la Tasa de Bits (Mbps) es el doble del Ancho de Banda (Mhz), para un formato con Retorno a Cero (RZ), la Tasa es igual al Ancho de Banda. (Coimbra, 2011)

$$\boldsymbol{B(MHz) = BR_{RZ}(Mbps)}$$

$$\boldsymbol{B(MHz) = \frac{BR_{NRZ}(Mbps)}{2}}$$

$\boldsymbol{B}$ = Ancho de Banda

$\boldsymbol{BR}$ = Tasa de Datos (Bit Rate)

El tiempo de subida por dispersión total de la fibra es un parámetro que permite garantizar la tasa de transmisión del diseño, según el tipo de formato digital utilizado este valor de t_f no debe ser superior al 35% del periodo del bit para códigos RZ o 70% para códigos NRZ. (Nemesis, 2006)

$$\boldsymbol{RZ \rightarrow} \quad t_f \leq \frac{0.35}{B}$$

$$\boldsymbol{NRZ \rightarrow} \quad t_f \leq \frac{0.7}{B}$$

1.10 Tipos de Cables de Fibra Óptica

1.10.1 Cable Armado

En la figura 5 se observa una representación de la estructura y forma de un cable armado de fibra óptica o también llamado soterrado.

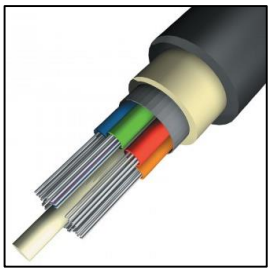

Figura 5: Cable Soterrado de Fibra Óptica
Fuente: CRT. Comunicamos tu mundo con el mundo.

Este cable es utilizado en instalaciones subterráneas de fibra óptica, tiene una protección adicional entre las dos últimas capas de la fibra; puede soportar posibles aplastamientos y tiene protección contra roedores. (Telefónica de Pereira, 2009)

1.10.2 Cable ADSS

Como se puede observar la figura 6 representa un ejemplo de un cable óptico ADSS y sus partes.

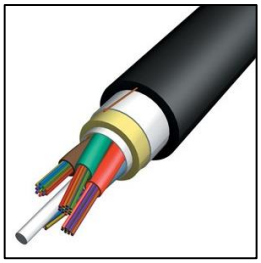

Figura 6: Cable ADSS de Fibra Óptica
Fuente: CRT. Comunicamos tu mundo con el mundo.

Son cables de fibra óptica auto soportados totalmente dieléctricos, este cable es inmune a las interferencias electromagnéticas ya que carece de elementos metálicos por lo que no requiere la instalación de tierras físicas. No utiliza cable mensajero, lo que lo hace ideal para instalaciones en distancias largas debido a su bajo costo y facilidad de instalación. Cuando se tiene la posibilidad de utilizar ADSS o Figura 8 se prefiere el primero por su facilidad de manejo e instalación. (Román, 2010)

1.10.3 Cable Figura 8

Una representación general de un cable figura 8 y sus partes son observadas en la figura 7.

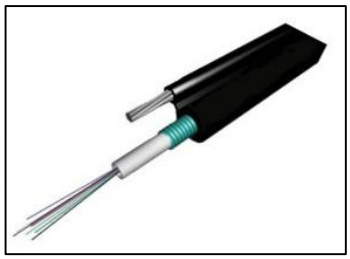

Figura 7: Cable Figura 8 de Fibra
Fuente: CRT. Comunicamos tu mundo con el mundo.

Se encuentra formado por el cable óptico y un mensajero metálico separados físicamente por un revestimiento de polietileno lo cual provoca un aumento en el diámetro del cable. La apariencia física de la sección transversal tiene la forma de un ocho. El hecho de tener un elemento metálico en su estructura provoca un problema en cuanto a la inmunidad del cable a las interferencias electromagnéticas. Por su facilidad de instalación y resistencia a la tracción es altamente recomendado en instalaciones aéreas de vanos largos. (Telefónica de Pereira, 2009)

1.10.4 OPGW (Optical Ground Wire)

El último tipo de cable óptico que se analiza es representado de manera general en la figura 8, aquí se observa claramente su diferencia con respecto a los anteriores.

Figura 8: Cable OPGW de Fibra Óptica
Fuente: Gatel Telecomunicaciones

Es un cable que tiene doble función, en el centro o núcleo del cable esta un tubo que lleva los hilos de fibra óptica y se rodea de cables a tierra, esto hace que este tipo de cable pueda reemplazar al cable de guarda de las redes eléctricas permitiendo optimizar el uso de las torres de las líneas de alta tensión y sus recursos. (Román, 2010)

1.11 Elementos de un enlace de Fibra Óptica

En un enlace de fibra óptica existen varias partes. Se empieza desde el transmisor, se sigue con el cable de fibra y por último se tiene el receptor. Además en el recorrido de la fibra en ocasiones se utiliza empalmes, además de conectores para unir el cable a los equipos de transmisión y recepción. Una representación de un sistema completo se ilustra en la figura 9.

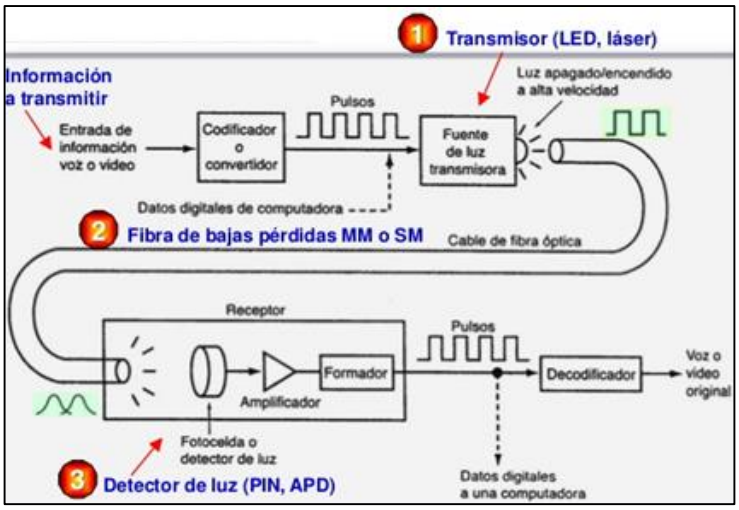

Figura 9: Sistema óptico de comunicación
Fuente: Coimbra, E.

1.11.1 Transmisor Óptico

El transmisor óptico es el equipo necesario para enviar la señal a través de la fibra, en la entrada se tiene la señal a transmitir y en la salida los pulsos de luz que se propagan a través de la fibra. Dentro del transmisor existe una interfaz que tiene la función de acoplar la señal para poder ser modulada e insertada dentro de la fuente óptica, la misma que se encarga de generar los pulsos de luz con una longitud de onda perteneciente a una de las ventanas de transmisión óptica. Para la conversión electro-óptica que se produce en la fuente se puede utilizar un láser o un led, con el láser se puede manejar un mayor ancho de banda y alcanzar mayores distancias, en cuanto a costos el diodo led es más económico pero limita la calidad y el alcance del enlace. Otro requerimiento de una red óptica es que la fuente sea monocromática, con un ancho espectral reducido para así evitar limitaciones por dispersión. (Ecured, 2015)

1.11.2 Receptor Óptico

El receptor óptico es el equipo que se encarga de transformar las señales ópticas recibidas en eléctricas, está compuesto por un acoplador de la fibra al equipo, un detector fotoeléctrico que convierte la señal óptica en eléctrica, un convertidor de corriente a voltaje y un amplificador para obtener la señal útil para el usuario. (Pinto & Cabezas, 2014)

El detector fotoeléctrico puede ser un fotodiodo PIN (TIPO P-N) o un fotodiodo de avalancha (APD), la elección del mismo depende de las tasas de transmisión que se utilice.

1.11.3 Amplificadores Ópticos

Los amplificadores ópticos trabajan única y directamente en el dominio óptico; es decir, hacen uso de fotones para amplificar linealmente la señal sin intervenir con los electrones. No tienen el problema de los regeneradores que necesitaban convertir la señal óptica en eléctrica, amplificarla y volver a convertir la señal para transmitirla, este proceso hace que los regeneradores no sean recomendados en transmisiones con varias longitudes de onda y de alta velocidad. (Instituto Universitario de Microelectrónica Aplicada, 2005)

El uso de amplificadores no se ve limitado por el tipo de modulación o ancho de banda de la señal, pero en aplicaciones ópticas con alta dispersión es probable la necesidad de usar dispositivos opto electrónicos para regenerar la señal además de amplificarla.

1.11.3.1 Tipos de amplificadores

Los dos tipos principales de amplificador son los de semiconductor (SOA) y los basados en fibra dopada.

a) **Amplificador basado en láser de semiconductor**: La zona activa de este amplificador esta con aleaciones de elementos semiconductores. Este dispositivo normalmente es pequeño y el bombeo es eléctrico.

b) **Amplificadores basados en fibra dopada**: Se utiliza un núcleo de fibra óptica dopada con tierras raras. Trabajan normalmente en tercera ventana y con este tipo de amplificador se solucionan los problemas de alineamiento de fibras y cruce de canales que se presentan en los amplificadores ópticos de semiconductor.

El Amplificador de Fibra Dopada con Erbio (EDFA) es el más importante y común de este grupo. Una comparación entre este tipo de amplificador y el anterior se observa en la tabla 1.

Tabla 1: Comparación Amplificadores ópticos

	SOA	**EDFA**
Ganancia	25-30 dB	30-50 dB
Factor de Ruido	5-6 dB	4 dB
Margen	1300-1600 nm	1530-1565 nm

Fuente: Departamento de Tecnología Fotónica. Amplificador óptico.

1.11.4 Switch Óptico

El switch es un dispositivo que trabaja en el nivel de Enlace de Datos del modelo OSI y sirve para interconectar equipos de varios segmentos de red según la dirección MAC de destino de las tramas de datos que son enviadas a través del enlace óptico. (Ecured, 2015)

Este dispositivo varía según las necesidades del enlace, existen switches de capa 2 que operan únicamente en el nivel de enlace de datos y switches de capa 3 que son capaces de realizar algunas funciones de router por su direccionamiento IP. Un ejemplo gráfico de un switch de capa 3 es observado en la figura 10.

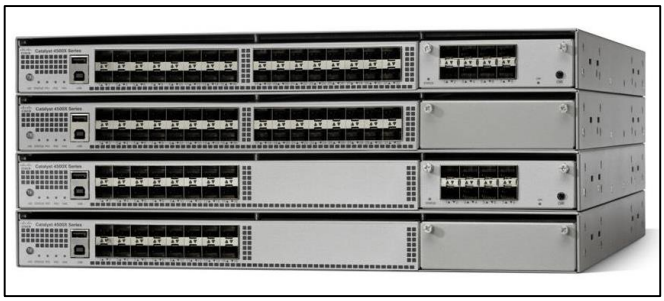

Figura 10: Switch Cisco Serie 4500x
Fuente: Cisco. Support.

1.11.5 Transceptor Óptico

Es un dispositivo óptico que cumple, dentro de un enlace de comunicaciones, funciones de transmisión y recepción (transceptor). Sirve de interfaz entre los equipos y la fibra óptica ya que es el encargado de convertir la señal óptica en eléctrica y viceversa. (Martín Moreno, 2012). En la figura 11 se observa una representación de un conmutador Cisco.

Figura 11: Transceptor SFP
Fuente: Cisco. SFP.

1.11.6 Conectores

Los conectores son de gran importancia entre los elementos que forman parte de un enlace óptico. La función principal de un conector es alinear y unir de forma no permanente dos o más hilos de fibra, se usa principalmente para unir la fibra óptica a los otros elementos del enlace, como transmisor, amplificador y receptor. (The Fiber Optic Association, 2014)

1.11.6.1 Tipos de Conectores

a) ST: Fue de los primeros que emplearon férulas cerámicas, la férula es de 2.5 mm y son utilizadas en gran medida en enlaces de fibra multimodo, poco utilizado con monomodo. Las pérdidas provocadas por reflexión varían según el tipo de pulido de la férula del conector. Se observa en la figura 12 una ilustración con la forma física de este conector.

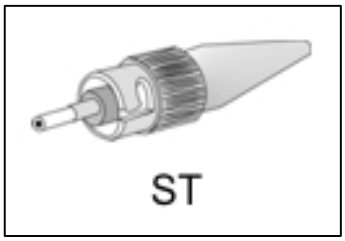

Figura 12: Conector ST
Fuente: Guimi

b) FC: Este conector metálico fue bastante utilizado con fibras monomodo, pero actualmente ha sido reemplazado por los conectores SC y LC. Se observa la forma del conector en la figura 13.

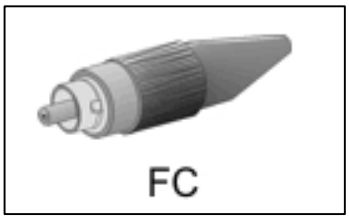

Figura 13: Conector FC
Fuente: Guimi

c) SC: Son de material plástico, con una férula de 2.5 mm, es utilizado tanto con fibra multimodo como monomodo y tiene buena aceptación por los buenos resultados que presenta en su desempeño. Se ilustra el conector en la figura 14

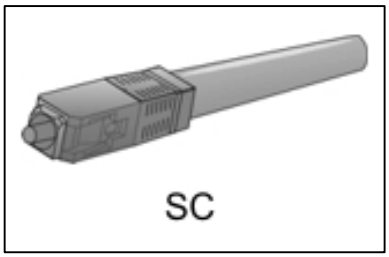

Figura 14: Conector SC
Fuente: Guimi

d) LC: Este conector utiliza una férula de 1.25 mm y se observa en la figura 15. Es altamente utilizado en enlaces de fibra monomodo y para transmisiones de alta densidad de datos a gran distancia por su excelente desempeño.

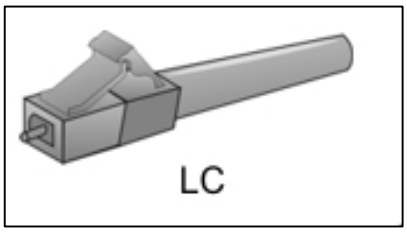

Figura 15: Conector LC
Fuente: Guimi

Los conectores de fibra óptica producen perdidas por inserción y perdidas de retorno que varían en función del pulido o acabado del conector. El valor máximo de pérdida de inserción por conector será de 0.4 dB y como valor nominal se adopta 0.2 dB.

Las **pérdidas por inserción** provocada por un conector hacen referencia a la disminución de potencia de la señal como resultado de la inserción del conector en el enlace.

Las **pérdidas de retorno** que tiene un conector se refiere a la cantidad de potencia que se refleja hacia el extremo transmisor de luz y se considera como pérdida.
Los extremos de la fibra óptica tienen varios tipos de terminado, que definen parte de la eficiencia con la que se propaga la luz a través del enlace. Estos tipos son los siguientes:

- **Plano (Flat)**: La férula es pulida a mano, y termina en forma perpendicular al eje de la fibra. Es utilizado con fibras multimodo y tienen una pérdida por reflexión devuelta de -14 dB.

- **PC:** La férula viene terminada en forma convexa. Es utilizado con fibras monomodo y multimodo y la pérdida por reflexión devuelta es de -40 dB.

- **SPC:** En este caso se tiene un terminado súper PC, en el que se reduce la reflexión devuelta incrementando la calidad de propagación en el enlace.

- **UPC:** Terminado ultra PC. Es utilizado en fibras monomodo y la reflexión devuelta es todavía menor, alrededor de los -55 dB.

- **APC:** Este último tipo de terminado presenta un plano de corte con una leve inclinación, a 8 grados, esto permite desviar al revestimiento todas las reflexiones parasitas provocando que se tenga una conexión estable y reduciendo las pérdidas por reflexión devuelta a aproximadamente -70 dB.

En la figura 16 se representa los diferentes tipos de pulido de un conector de fibra.

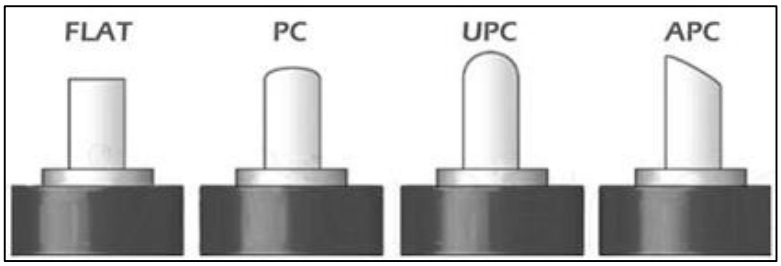

Figura 16: Tipos de Pulidos Extremo Fibra Óptica
Fuente: Radio – enlace Fiber & Coaxial.

1.11.7 Empalmes

Los empalmes unen dos hilos de fibra óptica de manera permanente, son utilizados en puntos en los que no se pronostica mantenimientos en el futuro. Se realizan empalmes principalmente en enlaces de larga distancia en los que la bobina de cable de fibra no cubre todo el enlace. (Textos Científicos, 2006)

Existen principalmente dos tipos de empalmes:

a) **Empalme por fusión:** Este tipo de empalme se realiza con una maquina especial y se realiza de la siguiente forma:

    1. Se prepara y corta los dos extremos de los hilos de fibra que se quieren empalmar.

    2. Se alinea la fibra dentro de la máquina.

    3. Se utiliza el soldado por por fusión, la fuente de calor para el soldado es diversa: descarga eléctrica, un láser gaseoso o una llama.

    4. Se protege el empalme para darle un fácil manejo al cable de fibra óptica.

b) **Empalme mecánico:** Este tipo de empalme utiliza un soporte o dispositivo mecánico que alinea los recubrimientos de las fibras y un gel igualador de índice para reducir las pérdidas por inserción y pérdidas de retorno. En la actualidad no se usa por la cantidad de atenuación que introducen en el enlace óptico.

Se obtienen mejores resultados el realizar un empalme por fusión, este método es el que menor cantidad de pérdidas genera, por lo tanto es el más utilizado para garantizar el diseño correcto de enlaces ópticos. La atenuación generada en un empalme por fusión no supera los 0,2 dB y en empalmes mecánicos se llega hasta 0,5 dB. (The Fiber Optic Association, 2014)

Adicionalmente luego de empalmar dos cables de fibra es necesario protegerlos por lo que se utiliza una bandeja de empalme, la cual luego es colocada dentro de una caja para asegurar la integridad de los empalmes.

1.11.8 Rack

Un rack es una estructura de metal cuya función es alojar y organizar los elementos de distribución que intervienen en un enlace óptico como servidores, bandejas de empalme, enrutadores, switches (conmutadores), cortafuegos entre otros. Sus dimensiones son normalizadas para permitir la fácil adaptación de equipos de diferentes marcas y para poder permitir futuras expansiones. Son instalados en nodos o centros de datos. (Ecured, 2015)

Se representa gráficamente la forma de un rack de telecomunicaciones en la figura 17.

Figura 17: Rack
Fuente: Chalacán, A.

1.11.9 ODF

Un ODF (Distribuidor de Fibra Óptica) brinda la posibilidad de conectar el cable de fibra instalado en planta externa con los equipos de transmisión y recepción. Este componente no es más que una caja con varios puertos para el ingreso del cable como se observa en la figura 18, un área de unión para empalmar los cables con los pigtails y así poder salir por el otro extremo del ODF hacia los equipos activos. (Huawei, 2015)

Figura 18: ODF
Fuente: Chalacán, A.

1.11.10 Pigtail

Un pigtail no es más que un hilo de fibra óptica que tiene un extremo desnudo y el otro adaptado a un conector, la forma y las partes de este dispositivo se representan en la figura 19. El extremo descubierto sirve para empalmar el pigtail a la fibra óptica proveniente de planta externa y el conector sirve para la conexión de la fibra con los equipos activos del enlace óptico.

Figura 19: Pigtail SC/APC Monomodo
Fuente: NETWORKING TEAM, Insumos de Fibra óptica.

1.12 Instalación Aérea de Fibra Óptica

1.12.1 Herrajes para Instalación Aérea

Cuando se realiza una instalación aérea de fibra óptica es necesaria la utilización de herrajes, que son estructuras metálicas que sirven para sostener la fibra y evitar que se deforme en cada vano. Existen herrajes de suspensión y de retención. Los de suspensión o de paso se colocan en trazados rectos y cortos y se observan en la figura 21, los herrajes de retención o terminales son utilizados cuando se tienen curvaturas

en el trazado o el cable baja a cámaras subterráneas y son las ilustrados en la figura 20; adicionalmente, si la instalación es en tramos rectos pero de larga distancia se utilizan herrajes de retención cada dos o tres postes. (Telefónica de Pereira, 2009)

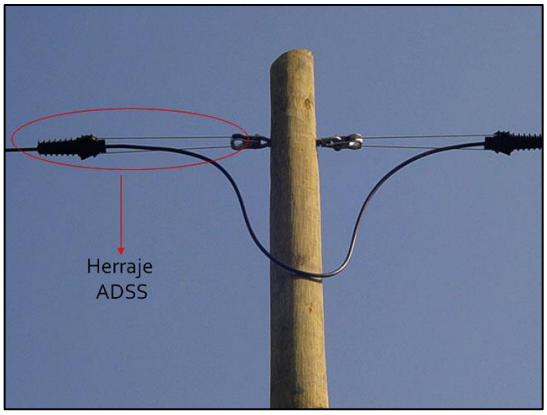

Figura 20: Herraje de Retención o Terminal
Fuente: HUMBRALL.

Figura 21: Herraje de Paso o Suspensión
Fuente: PREFORM.

1.12.2 Subidas a poste

Se aplica el mismo procedimiento que se utiliza en las subidas a poste en redes de cobre, se incluye un tubo galvanizado de 3 metros de longitud y 2 pulgadas de diámetro que ayudara en la protección del cable.

1.13 Instalación Subterránea de Fibra Óptica

Dentro del proceso de tendido de cable de fibra óptica subterránea se contemplan distintos aspectos como excavación, instalación de ductos, instalación de la fibra y

compactación del terreno al terminar el trabajo. A continuación se describen brevemente algunas formas de instalación subterránea de fibra óptica.

Para la instalación subterránea a de fibra óptica existen dos opciones:

- Directamente enterrada
- Canalizada

1.13.1 Directamente enterrada

Los enlaces directamente enterrados están formados por un ducto de PVC de 110 mm, en el interior de este se colocan subductos (ductos de 40mm), dentro de los cuales se pasa la fibra óptica.
El tubo de PVC va enterrado directamente en una zanja construida previamente para la instalación del cable de fibra óptica. En este tipo de instalación se utiliza marcadores y cintas de advertencia. (Soto, 2010)

Los subductos pueden ser mono, bi o triducto según las necesidades del enlace.

1.13.2 Canalizada

En la instalación canalizada se recomiendo excavar la zanja 1.5m, este dato varía según las condiciones del diseño y del ambiente de trabajo, en este caso los ductos deberán soportar un gran peso debido a las diferentes capas de arena y tierra fina que se utilizan para la compactación de la zanja.

En este tipo de instalación también se considera la instalación de cámaras de revisión cada cierta longitud para poder monitorear y controlar el enlace tanto en la etapa de construcción como en la etapa de funcionamiento.

1.14 Fibras Ópticas Normalizadas

Las fibras ópticas que más se utilizan en el mercado están normalizadas por organismos que rigen las telecomunicaciones a nivel mundial; es por esto que la mayoría de fábricas se basa en normas generales y mundiales para así permitir la

adaptación y la interoperabilidad entre los diferentes equipos y recursos de telecomunicaciones que intervienen en enlaces ópticos. Se dispone de las siguientes opciones de cables de fibra óptica:

a) Fibra Óptica Multimodo 62.5/125.

Este tipo de fibra es regulado por la norma ANSI IEC 60793-2-10 A1b y es una fibra multimodo de índice de refracción gradual. Es usada en enlaces ópticos de gran velocidad pero a cortas distancias. Los conectores más utilizados con este tipo de fibra son del tipo ST, SC o FDDI.

b) Fibra Óptica Multimodo Estándar de índice gradual 50/125

La norma que regula este tipo de fibra es la ITU-T G.651 y es empleada en enlaces de corto alcance (máximo 2km). Es generalmente usada en longitudes de onda de 850 y 1300 nm. Este tipo de fibra óptica fue la única opción existente hasta principios de 1980.

c) Fibra Óptica Monomodo Estándar (SMF)

Esta fibra es regulada por la norma ITU-T G.652 y es la fibra más utilizada en la actualidad. Puede trabajar en longitudes de onda de 1310 y 1550 nm. Por su característica de dispersión esta optimizada para su uso a 1310 nm. Este tipo de fibra óptica normalizada es ideal para trabajar con altas tasas de transmisión y a grandes distancias. La norma G.652 tiene 4 variantes que son:

G.652.A Proporciona características y valores recomendados para sistemas de hasta STM-16, así como 10Gbps hasta 40km (Ethernet).

G.652.B Proporciona características y valores recomendados para sistemas de hasta STM-64.

G.652.C Similar al G.652.A pero permite trasmisiones en un rango de longitudes de onda desde 1360 a 1530 nm.

G.652.D Similar al G.652.B pero permite trasmisiones en un rango de longitudes de onda desde 1360 a 1530 nm. (UIT-T G.652, 2009)

d) Fibra Óptica Monomodo de Dispersión Desplazada (DSF)

Es regulada por la norma ITU-T G.653 y es ideal para transmitir un gran ancho de banda a largas distancias. Se produce la anulación de dispersión cromática a 1540 nm. No es posible transmitir sistemas WDM (Multiplicación por longitud de onda) por la mezclas de onda que se producen. (UIT-T G.653, 2010)

e) Fibra Óptica Monomodo con corte desplazado

Esta fibra es normalizada por la ITU-T G.654. Esta fibra es utilizada en enlaces de distancias muy grandes a 1550 nm. (UIT-T G.654, 2012)

f) Fibra Óptica Monomodo de Dispersión Desplazada no Nula (NZDSF)

La norma que rige esta fibra es la ITU-T G.655. Esta fibra es una mejora de la fibra monomodo de dispersión desplazada y permite la transmisión de sistemas WDM. Es optimizada para trabajar a 1550 nm. (UIT-T G.655, 2009)

1.15 Tabla de Parámetros Característicos de Fibras Ópticas Normalizadas

En la tabla 2 se establecen los parámetros principales que caracterizan una fibra óptica y que sirven de base para el diseño de cualquier enlace punto a punto.

Tabla 2: Parámetros de Fibras Normalizadas

	G.651	G.652 A	G.652 B	G.652 C	G.652 D	G.653	G.655
Atenuación a 850nm (dB/km)	3	-	-	-	-	-	-
Atenuación a 1310nm (dB/km)	2	0.5	0.4	0.4	0.4	-	-
Atenuación a 1550nm (dB/km)	-	0.4	0.35	0.3	0.3	0.35	0.35
Dispersión Cromática (ps/nm*km) 850nm	≤120	-	-	-	-	-	-
Dispersión Cromática (ps/nm*km) 1300nm	≤6	<3.5	<3.5	<3.5	<3.5	-	-
Dispersión Cromática (ps/nm*km) 1550nm	-	<17	<17	<17	<17	<3.5	< 4
PMD (ps/sqrt(km))	-	0.5	0.2	0.5	0.2	0.5	0.2

Fuente: Rodríguez, S.

Los valores que no se especifican y están denotados con guión son colocados de esta manera porque el tipo de fibra no se aplica en la longitud de onda correspondiente o porque el valor debe ser calculado en el momento del diseño.

CAPÍTULO 2
DESARROLLO DE SOFTWARE PARA DISEÑO DE ENLACES OPTICOS

En este capítulo se presenta el diseño y desarrollo de una aplicación de software para diseño de enlaces ópticos punto a punto. Para este propósito se hace uso de Netbeans, que es un entorno de desarrollo en Lenguaje Java como se ve en la figura 22. Se eligió este lenguaje de programación por las ventajas que presenta en cuanto a portabilidad, ya que tiene el mismo funcionamiento independientemente de la plataforma sobre la cual se ejecuta.

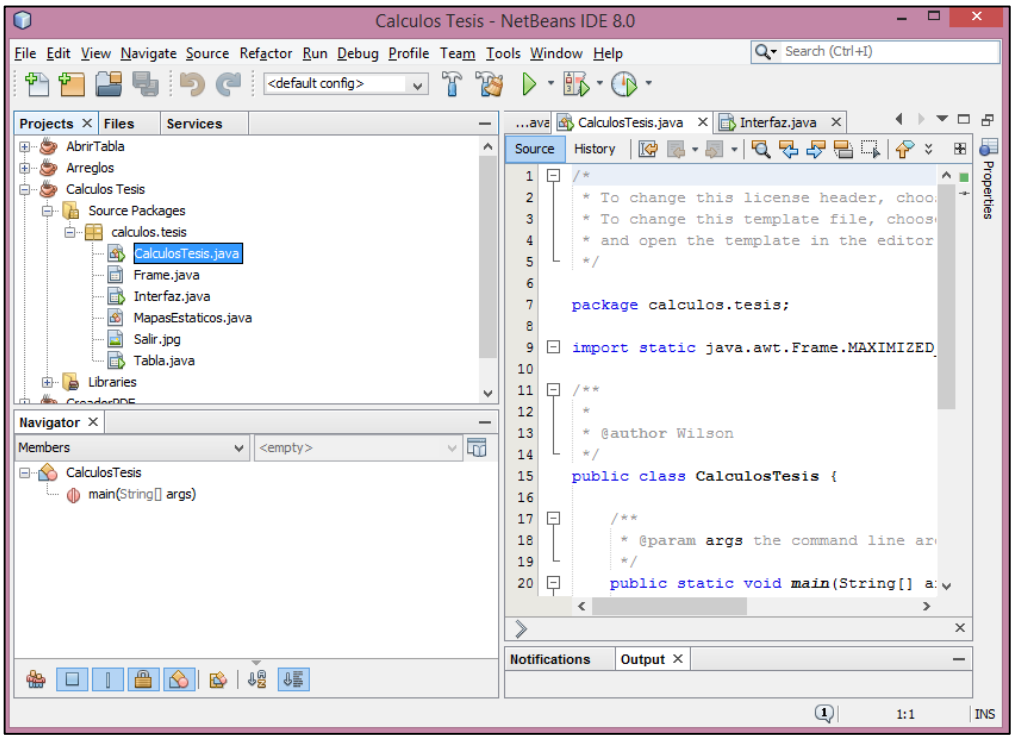

Figura 22: Entorno de Desarrollo NETBEANS
Fuente: El autor.

El software generado trabaja principalmente sobre dos parámetros dinámicos del enlace que es la atenuación y la dispersión, el ancho de banda disponible en el diseño varía en función de la dispersión total generada y de la selección de parámetros de ingreso considerados. A continuación se detalla el desarrollo de la aplicación:

2.1 Diagrama de Flujo de la Aplicación

Un diagrama de flujo es una representación secuencial de todos los procesos que realizara un programa específico desde el inicio hasta el final, son una serie de símbolos que se interconectan a través de flechas que indican el sentido de avance de una aplicación. Los símbolos representan las diferentes etapas del programa, por citar algunos se puede mencionar el Inicio del Programa, el Ingreso de Datos, el Procesamiento de los Datos, la Toma de Decisiones y la Entrega de Resultados.

En resumen el programa toma los datos que se ingresan como parámetros del enlace y mediante botones se permite generar automáticamente los diferentes tipos de resultados, como el cálculo de Atenuación Total, Mapa con el Trazado de Fibra, Grafico de Balance de Potencias, al final si el enlace cumple con las necesidades iniciales se puede guardar el diseño en cualquier dirección de nuestro computador.

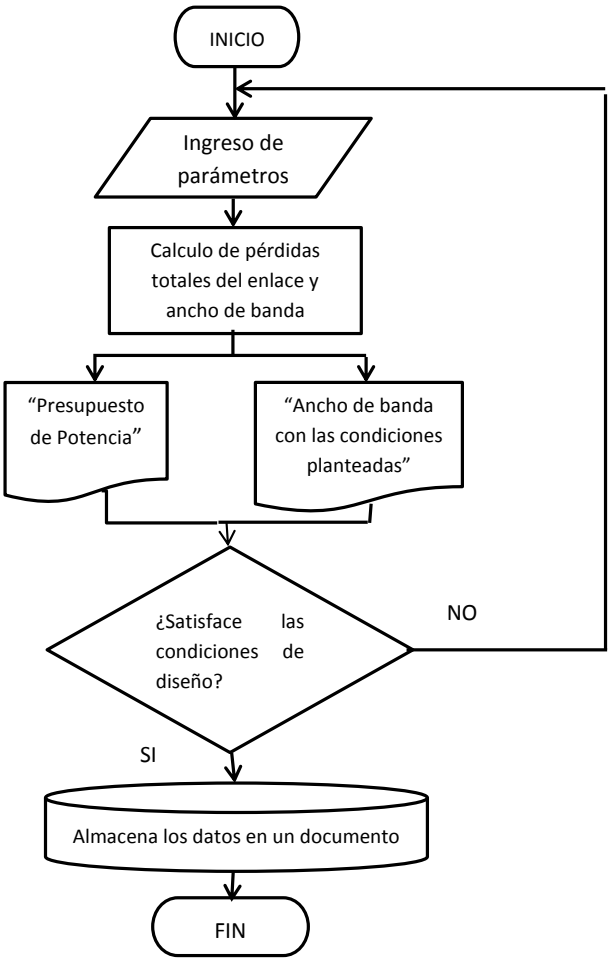

Figura 23: Diagrama de flujo de la aplicación
Fuente: El autor.

2.2 Definición de parámetros de entrada del programa

Como parámetros de entrada se consideran las necesidades básicas del enlace óptico, así como la selección de la cantidad y el tipo de materiales a utilizar en el diseño. Existen parámetros que varían en función del tipo de material seleccionado, como la atenuación (dB/Km) y el número de empalmes, por tal razón se calculan automáticamente y se consideran para los cálculos posteriores de la aplicación. Para nuestro propósito se consideran los parámetros de ingreso observados en la figura 24.

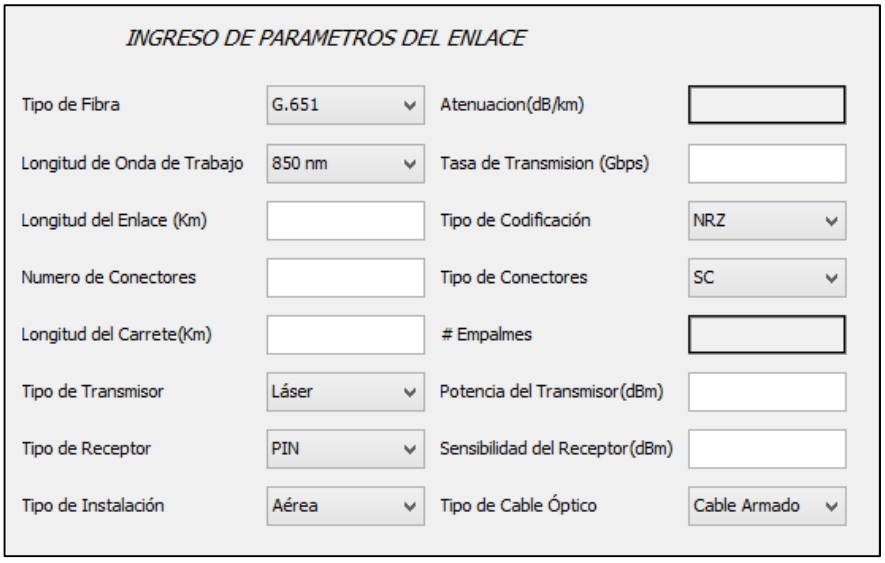

Figura 24: Panel de los Parámetros de Ingreso
Fuente: El autor.

- **Tipo de Fibra Óptica:** Aquí se especifica el tipo de fibra ya sea multimodo o monomodo y dentro de que norma se especifica comercialmente. Los valores de atenuación, tipos y coeficientes de dispersión varían según la selección de este parámetro.

- **Longitud de Onda de Trabajo:** La longitud de onda de corte para la que esta optimizada la fibra óptica considerada para el enlace. La atenuación y los coeficientes para cada cable varían según la selección de este parámetro.

- **Tasa de Transmisión:** La velocidad de transferencia de datos que se espera tener en el enlace óptico diseñado. Este parámetro sirve para saber la duración de un

intervalo de bit de transmisión digital y según el tipo de codificación empleado garantizar las condiciones iniciales del diseño en cuanto a velocidad.

- **Longitud del Enlace:** La longitud máxima que tendrá el enlace. Este parámetro sirve para determinar la atenuación en la fibra y la limitación de ancho de banda por dispersión.

- **Tipo de Codificación:** Es la codificación digital o analógica que se utiliza para poder transmitir la señal óptica a través de la fibra.

- **Número de Conectores:** El número de conectores que formarán parte del enlace. Se considera este parámetro por las pérdidas que introducen en el enlace y afectan a la transmisión.

- **Tipos de Conectores:** El tipo del conector que se utiliza en los extremos del enlace, ya que en función de este varía la atenuación por conector considerada en el cálculo.

- **Longitud del Carrete:** La longitud del carrete de fibra a utilizar en el enlace; se considera este parámetro debido a la diferencia de precios según la longitud del carrete y también porque si se tienen carretes de mayor longitud se tendrán menor cantidad de empalmes y por ende menor atenuación.

- **Tipo de Transmisor:** El tipo de fuente óptica a utilizar en el transmisor. Esta puede ser Laser o Led, y varían en cuanto a ancho espectral, parámetro que afecta a la dispersión cromática y por ende al ancho de banda disponible.

- **Potencia del Transmisor:** La potencia (dBm) con la que se proyecta el haz de luz a través de la fibra. Es un dato importante para garantizar que la potencia al final del enlace sea superior a la sensibilidad del receptor.

- **Tipo de Receptor:** El tipo de receptor utilizado (PIN o APD); varían la sensibilidad y las características según la selección realizada.

- **Sensibilidad del Receptor:** La potencia mínima que se debe alcanzar en recepción para garantizar el correcto funcionamiento del enlace.

- **Tipo de Instalación:** El tipo de instalación del cable de fibra óptica (Aérea o Canalizada) que se realizará en el diseño, según esto se utilizan diferentes materiales para la construcción del enlace.

- **Tipo de Cable Óptico:** El tipo de cable óptico (ADSS, Figura 8, OPGW, Cable Armado Anti roedor) que se utilizara en nuestro diseño.

2.3 Explicación de las partes más relevantes del programa

Cuando arranca la aplicación se observa un panel en la esquina superior izquierda dentro del cual están los parámetros de ingreso del programa, debajo de este panel está el observado en la figura 25, en este se observan dos botones para el cálculo y para generar la gráfica del presupuesto de potencia, además de los resultados del cálculo tanto de atenuación, ancho de banda esperado y validación de la tasa de bits planteada al inicio del diseño.

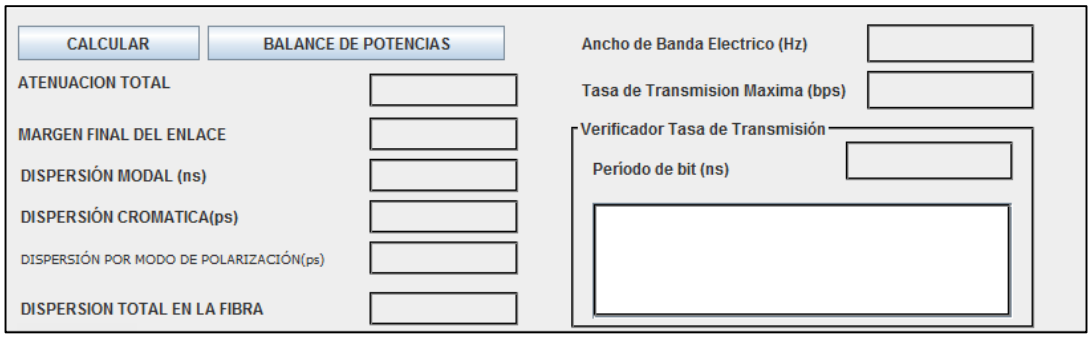

Figura 25: Panel de Resultados
Fuente: El autor.

En la esquina superior derecha de la ventana principal de la aplicación se encuentra otro panel que se ilustra en la figura 26, dentro del mismo se visualizara la gráfica generada como Balance de Potencia Óptica para poder observar el efecto de las atenuaciones producidas en el enlace. Para garantizar el funcionamiento del diseño se debe observar un margen final positivo, lo cual garantiza que la potencia de llegada es superior a la sensibilidad del receptor.

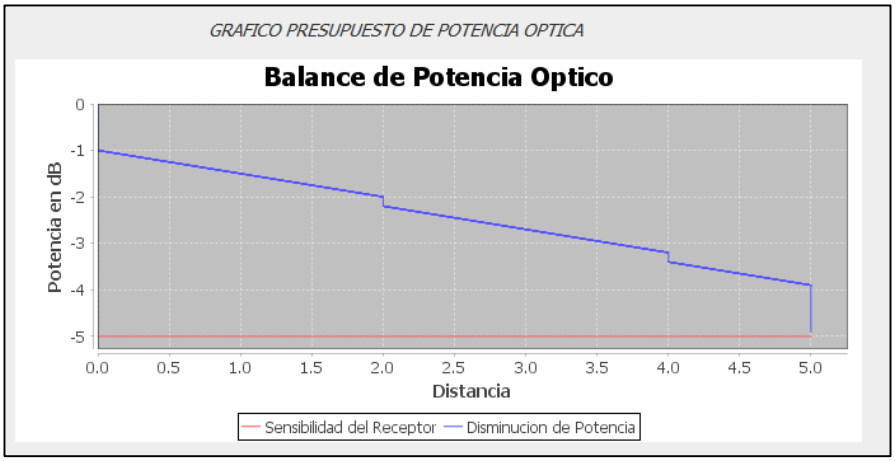

Figura 26: Panel de Balance de Potencia Óptica
Fuente: El autor.

En la esquina inferior derecha de la ventana principal se observan tres botones que se observan en la figura 27, el primero sirve para generar una segunda ventana en la que se podrá observar el trazado del enlace óptico dentro de un mapa real; el segundo botón, sirve para guardar el diseño en un documento PDF en cualquier dirección que se especifique y el tercer botón sirve para salir de la aplicación. Además se tiene un Área de Texto en la que se presenta un resumen del diseño y que representa la información que será insertada y guardada dentro del documento final (PDF).

Figura 27: Salida de la ventana principal de la aplicación
Fuente: El autor.

Cuando se presiona el botón “Visualizar Mapa del Enlace” se genera una segunda ventana que muestra el trazado de fibra óptica dentro de un mapa real, en esta ventana se deben ingresar parámetros del mapa como zoom y los puntos por los cuales se desplaza el trazado de fibra óptica; estos son ingresados al programa a través de un archivo de Excel en el cual deben estar las coordenadas geográficas de

latitud y longitud de cada uno de los puntos que forman parte del enlace. En la figura 28 se observa una parte de la ventana en la que se ingresan parámetros que sirven para la obtención del mapa y en la figura 29 se observa el mapa generado una vez ingresados los parámetros y presionado el botón Crear Mapa.

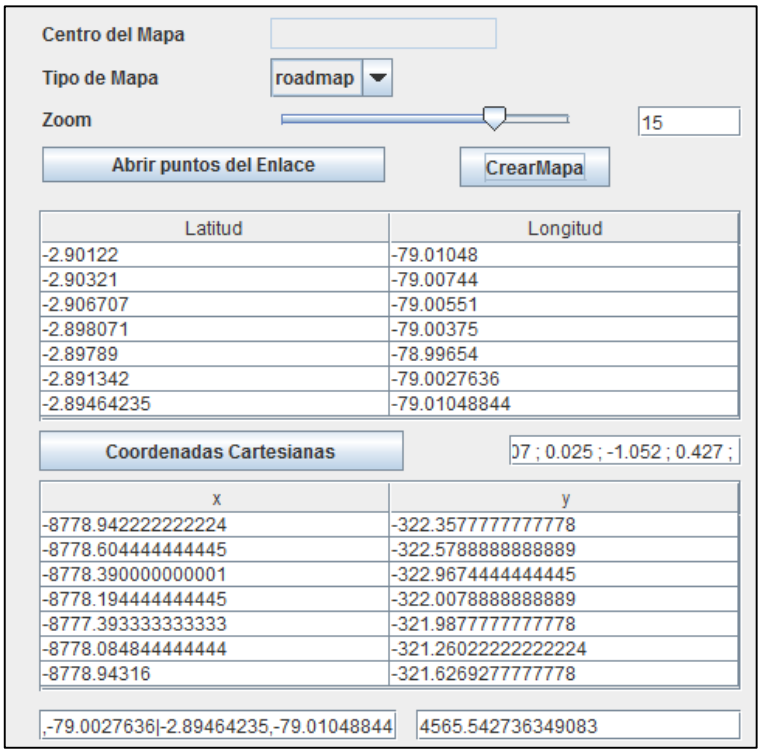

Figura 28: Ingreso de parámetros para la Generación del Mapa
Fuente: El autor.

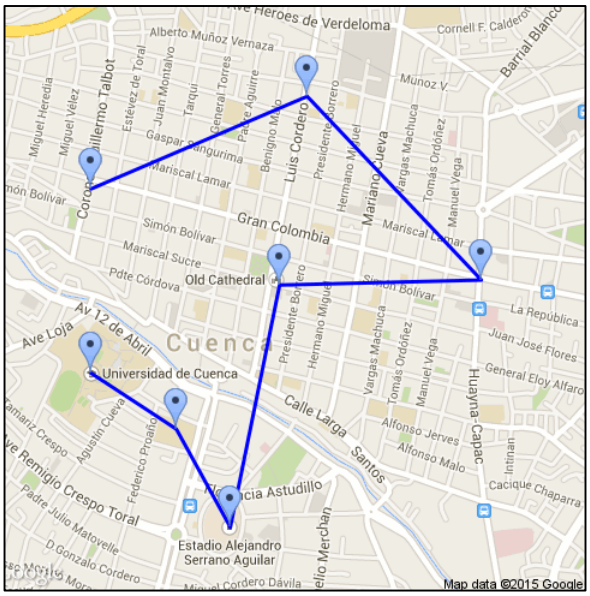

Figura 29: Trazado del enlace en un mapa real
Fuente: El autor.

Para poder visualizar la atenuación puntual a lo largo del enlace se debe presionar el botón “Coordenadas Cartesianas” y se tiene que dar un **click** en el inicio del enlace para poder referenciar el mapa geográficamente, luego de esto se da la posibilidad de desplazarse por la línea de color azul con el mouse para observar el comportamiento del enlace conforme se avanza por su trayectoria.

La función principal de la segunda ventana es representar el enlace en un mapa y darme la atenuación en cada punto del enlace al desplazarme a través de él con el mouse, esto se consigue mediante una referencia del mapa en coordenadas geográficas y tomando en cuenta la pendiente y la ecuación de la recta de cada vano.

Se tiene además en esta ventana un panel de Resultados observado en la figura 30, en el que se observa el vano del enlace por el que se está desplazando y la atenuación generada desde el inicio del enlace hasta el punto en el que se sitúa el mouse, para el cálculo de esta atenuación se considera la atenuación en el cable, la atenuación en los empalmes, conectores y la reserva de atenuación que fue explicada en la parte teórica de este trabajo. Además existe dentro de este panel un cuadro de texto que muestra la distancia en metros que tiene cada vano y un cuadro adicional con un fondo turquesa que indica la distancia existente desde el inicio del enlace hasta el sitio donde ubico el mouse.

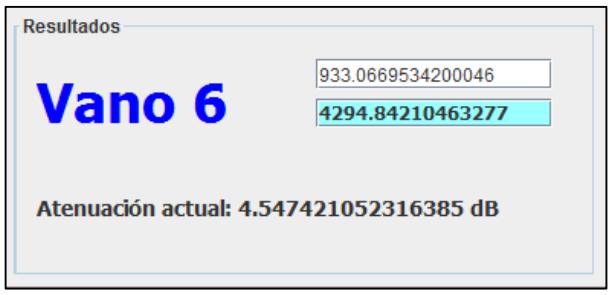

Figura 30: Panel de Resultados de la Ventana del Mapa
Fuente: El autor.

En esta segunda ventana luego de visualizar el enlace dentro del mapa y verificar la atenuación puntual con el mouse, se tiene un botón en la esquina inferior derecha que permite regresar a la ventana principal de la aplicación para corregir algún parámetro o para finalizar el diseño con la entrega de resultados.

Cuando se retorna a la ventana principal y se verifica que el enlace funcionará con los parámetros seleccionados; es decir se está satisfecho con el diseño se debe presionar el botón “Guardar Diseño PDF”, el mismo que genera un cuadro de diálogo, como se puede observar en la figura 31, dentro del cual se debe seleccionar la dirección donde se guardara el documento PDF con todos los parámetros y materiales seleccionados para el diseño del enlace en estudio.

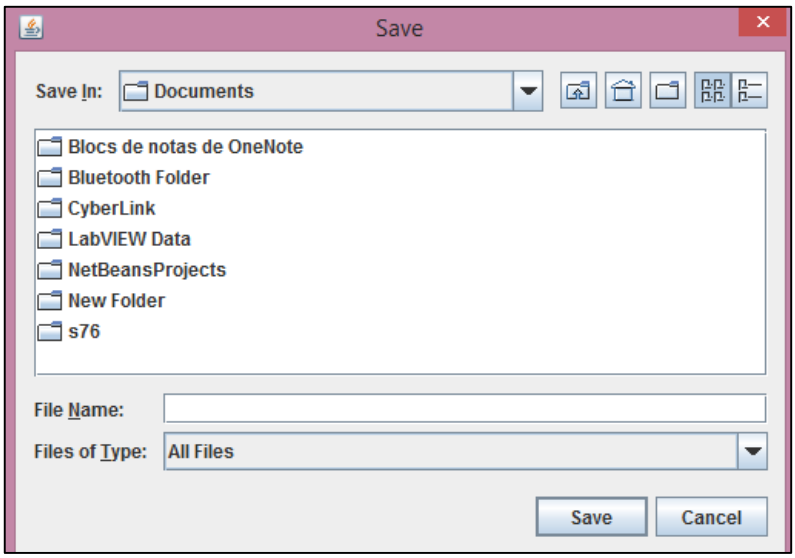

Figura 31: Cuadro de dialogo de Direcciones
Fuente: El autor.

Una vez seleccionada la dirección de almacenamiento y presionado el botón “Save” dentro de este cuadro el documento se guardara en la ruta seleccionada. Si la creación y el almacenamiento del documento son satisfactorios debe salir un nuevo cuadro de dialogo con el mensaje de confirmación ilustrado en la figura 32.

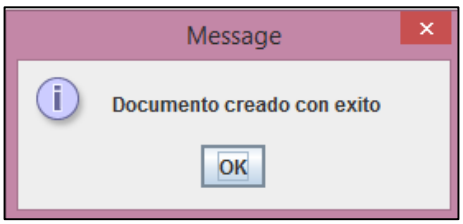

Figura 32: Mensaje de confirmación del documento creado
Fuente: El autor.

Una vez terminado el proceso de diseño y guardados los resultados se puede salir de la aplicación presionando el botón Salir, para verificar el documento se dirige a la

dirección donde lo fue guardado y se obtendrá un resultado como el observado en la figura 33 pero con los parámetros y materiales seleccionados para cada enlace en particular.

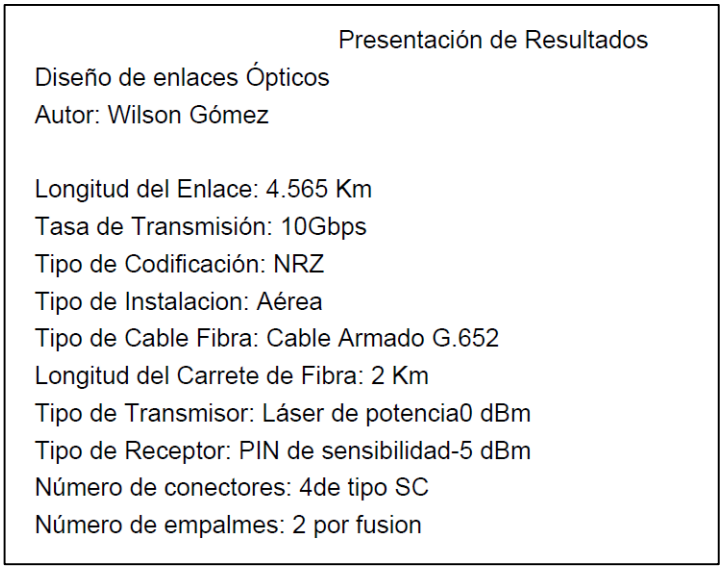

Figura 33: Archivo PDF con el diseño del enlace
Fuente: El autor.

CAPÍTULO 3
DISEÑO DEFINITIVO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA

3.1 Análisis y descripción de materiales

En el presente capítulo se realiza el diseño definitivo del enlace en Fibra Óptica entre el campamento y la central del proyecto hidroeléctrico Minas San Francisco. Para este fin se utiliza la aplicación realizada en el capítulo dos de este trabajo, el cual da como resultado todos los materiales a utilizar en el enlace para satisfacer las necesidades planteadas por la Unidad de Negocio ENERJUBONES de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC E.P.

Luego de utilizar la aplicación en el diseño del enlace en cuestión se concluye que los materiales idóneos para satisfacer las necesidades planteadas son:

- **Cable ADSS de Fibra Monomodo Estándar SMF G.652D span 150m**: Este cable brinda características favorables en cuanto a atenuación y dispersión, por lo que resulta idóneo para nuestro diseño. Como se sabe una fibra multimodo se utiliza en enlaces con una distancia menor a 2 kilómetros, por lo que no aplica en esta situación.

  Este enlace está formado por un solo tramo aéreo y se hace uso de cable ADSS en lugar de figura 8 debido a su flexibilidad y facilidad de instalación por la distancia poste a poste.

  En el campamento del proyecto Hidroeléctrico Minas – San Francisco el acceso de fibra óptica hasta el lugar de ubicación de los servidores se realizara a través de canalizaciones, no se hará cambio de cable aéreo a subterráneo debido a que, por las condiciones de la construcción no es necesario la protección adicional con la que cuenta un cable armado subterráneo, además se elevarían los costos del enlace innecesariamente y se introducirían pérdidas adicionales en el presupuesto de potencia del enlace. Lo que se recomienda en este caso para el acceso de la

fibra al campamento es la colocación de triductos dentro de la tubería PVC colocada en las canalizaciones que ayuden al mantenimiento y cumplimiento normal de la vida útil del cable.

- **Conectores SC con acabado APC:** Se utilizará pigtails con conectores SC y acabado APC, por la eficiencia que presentan y porque tienen la menor perdida por reflexión disponible en los diferentes tipos de pulidos existentes. Además, el conector SC está homologado para trabajar a 10Gbps, que es la tasa de transmisión con la que se diseñó este enlace.

- **Empalmes por fusión:** De acuerdo a la longitud del carrete de fibra, será necesario hacer empalmes para cubrir la distancia total del enlace. Estos serán empalmes por fusión para conseguir mejores resultados en el balance de potencias final.

- **Transmisor y Receptor:** Para el enlace se utilizará un 10GBASE-LR SFP+, que es un transceptor (transmisor-receptor) equipado por una fuente de luz láser y un receptor PIN. Este tipo de transceptor es idóneo para trabajar a 10Gbps y encaja en los puertos SFP del Switch Cisco analizado posteriormente.

  La potencia mínima de transmisión del transceptor es -8.2 dBm y la máxima 0.5; la sensibilidad del receptor es -14.4 y la máxima potencia de recepción es 0.5 dBm. Ya que la máxima de potencia de transmisión coincide con la de recepción se elimina la necesidad de atenuadores de señal.

- **Pigtails:** Los pigtails que se emplearán para el terminado del tendido aéreo de Fibra Óptica estarán formados por fibra monomodo G.652 D y un conector SC con terminado APC por las ventajas que presentan para la transmisión. El tipo de conector del pigtail define el tipo de acoplador utilizado en el ODF del extremo

- **Patchcords:** Se utilizarán patchcords SC/APC - LC/UPC para las conexiones desde el ODF hasta el transceptor óptico. Se utiliza conectores LC Dúplex en él un extremo del patchcord ya que el transceptor Cisco Seleccionado cuenta con conexiones LC y es compatible con pulidos PC o UPC.

- **ODF:** El ODF o Bandeja de Fibra Óptica seleccionado en este diseño se debe acoplar a las características del cable y condiciones técnicas del enlace por lo que se hará uso de un ODF de 24 puertos con acopladores SC y terminado APC, de acuerdo a los conectores de los pigtails seleccionados.

- **Rack:** El rack que se utilizará en los extremos para la construcción de este enlace es de 43 unidades rack de alto y de ancho estándar para telecomunicaciones. El rack que se empleará es de estructura cerrada.

- **Herrajería:** La aplicación utilizada además indica la cantidad de herrajes de suspensión o retención que se emplearan en la instalación aérea del enlace, en nuestro caso son 25 herrajes tipo 2R y 39 herrajes tipo S, además se utilizara 2 subidas a poste en los puntos extremos de la red.

- **Postes y Tensores:** En la mayor parte del trayecto del enlace se tienen vanos cortos, por lo que la utilización de un cable ADSS con span demasiado grande es innecesaria; es por esto que se colocaran postes adicionales para reducir las distancias entre postes en el tramo final del enlace. Por cada poste proyectado se colocara un tensor para evitar sobrecargas de fuerzas. Los postes tendrán una altura de 11m.

3.2 Lista de Materiales Final

En la tabla 3 se observa la lista de materiales completa con descripción y cantidad. Se considera una reserva de cable para en el futuro disponer de una fibra con las mismas características del enlace y pueda ser utilizado para posibles reparaciones.

Tabla 3: Lista de materiales para el Enlace Óptico Diseñado

Descripción	Unidad	Cantidad
CABLES		
Cable ADSS G.652D de 24 hilos span 150m	Metro	5000
ARMADO ESTACION		
Pigtail SC/APC monomodo G.652D	Unidad	48
ODF 24 puertos SC monomodo G.652D, pulido APC	Unidad	2
Patchcord Duplex SC/APC - LC/UPC 2 metros	Unidad	2
Transceptor Cisco SFP+ 10G-BASE LR	Unidad	2
HERRAJERIA		
Gancho terminal	Unidad	52
Soporte gancho terminal	Unidad	52
Preformado de Retención para Cable de Fibra Óptica ADSS	Unidad	52
Herraje de Suspensión para Cable de Fibra Óptica ADSS	Unidad	39
MATERIAL DE SUJECIÓN		
Cinta de acero 1/2"	Metro	5.4
Cinta de acero 3/4"	Metro	118.8
Hebilla de 1/2"	Unidad	6
Hebilla de 3/4"	Unidad	132
MATERIAL DE EMPALME		
Caja para empalme de 24 hilos	Unidad	1
MATERIAL PARA TENSOR		
Cable de acero galvanizado para tensor 5/8"	Metro	36
Preformado de 5/8"	Unidad	4
Guardacabo de 5/8"	Unidad	4
Varilla para bloque de anclaje 5/8" x 1,8m	Unidad	4
Bloque de hormigón para anclaje	Unidad	4
VARIOS		
Poste de hormigón 11 Mts.	Unidad	6
Cono de protección	Unidad	2
Canaleta de hierro de 1,20m	Unidad	4
Triducto para Instalación Canalizada	Metro	255
Rack Cerrado de 43u 19" para Telecomunicaciones	Unidad	2
Piedra	Metro3	3

Fuente: El autor.

3.3 Resultados de la aplicación de Software

En el cuadro de parámetros de ingreso de la aplicación se colocan los datos observados en la figura 34.

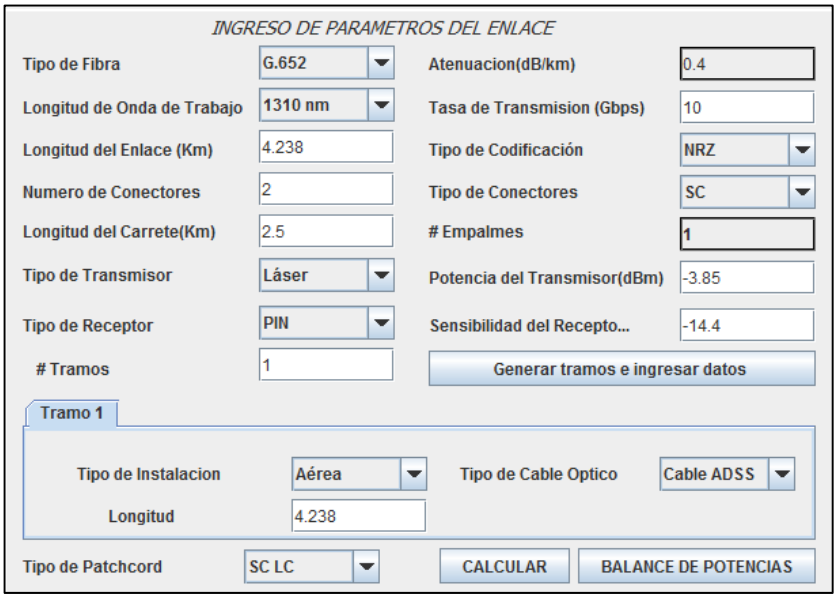

Figura 34: Cuadro de Parámetros de Ingreso del Diseño Final
Fuente: El autor.

La fibra seleccionada es monomodo estándar G.652, la potencia de transmisión es de -3.85 dBm que es la potencia promedio del transceptor SFP+ 10G de Cisco que se utilizara en el enlace, la sensibilidad es de -14.4 dBm que es la potencia mínima de recepción especificada en el catálogo técnico de Cisco.

Los resultados obtenidos en cuanto a Atenuación y Ancho de Banda Disponible son presentados en la Figura 35, el dato de atenuación considera todas las pérdidas producidas en un enlace punto a punto como son: perdidas en conectores, empalmes y en el cable de fibra; además, considera una reserva de atenuación de 0.5 dB/km para revisiones y reparaciones futuras. Con el dato de potencia de salida del transmisor y sensibilidad del receptor, se calcula un margen de potencia que estará disponible para cualquier eventualidad que se pueda dar en el enlace. Este margen debe ser positivo para así poder garantizar el funcionamiento del sistema.

Para el cálculo del ancho de banda y capacidad de transmisión del canal existen dos etapas, en la primera se determina la capacidad máxima que podrá soportar el enlace

con las condiciones planteadas y en la segunda se verifica que el ancho de banda que fue dado como parámetro de ingreso pueda ser transportado satisfactoriamente por el enlace diseñado.

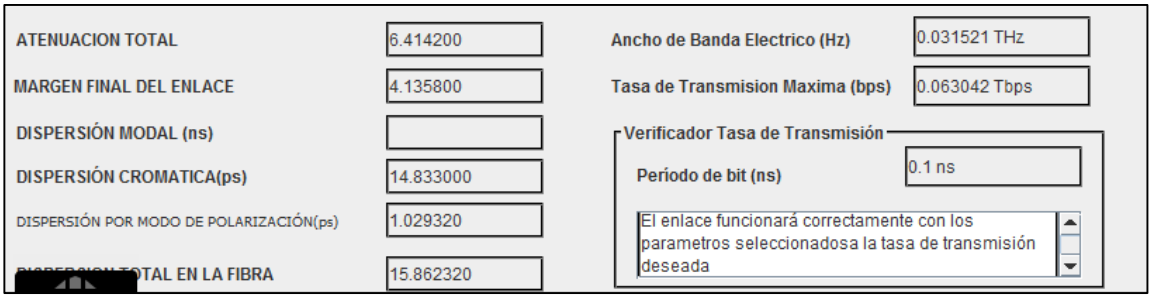

Figura 35: Resultados de aplicar el software en el Enlace para la Central Minas – San Francisco
Fuente: El autor.

Dentro de la primera ventana de la aplicación de software desarrollada se tiene una sección en la que se visualiza el balance de potencia óptica de cualquier enlace que se esté diseñando. El que es objeto de nuestro diseño se puede observar en la figura 36. Con color azul se observa como la potencia óptica va disminuyendo desde que sale del transmisor, pasa por la fibra y llega al receptor, considerando todas las pérdidas antes mencionadas. Con color rojo se observa la sensibilidad del receptor que en este caso particular es de -14.4 dBm y como existe un margen de potencia positivo se puede decir que el enlace funcionará sin inconvenientes.

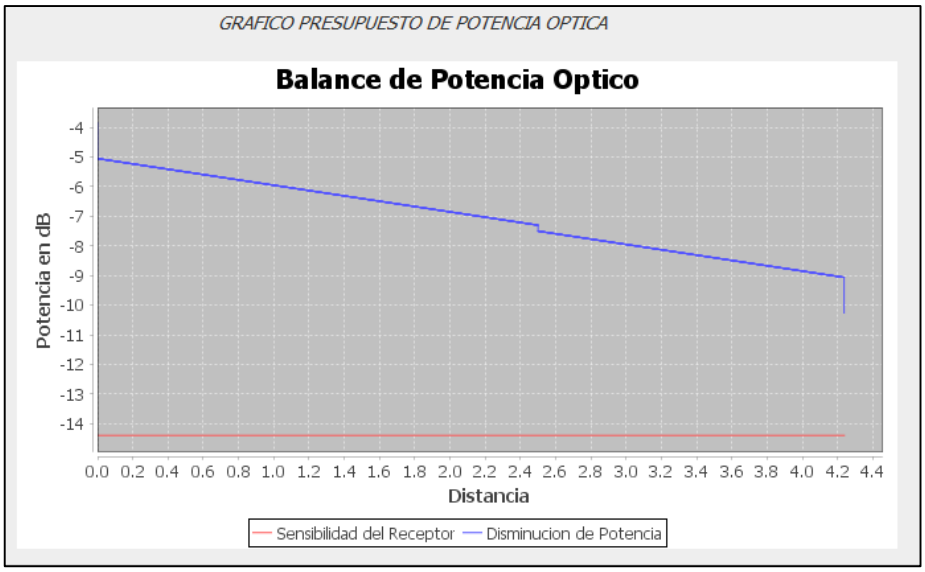

Figura 36: Balance Óptico de Potencia del Enlace
Fuente: El autor.

Luego de presionar en la ventana principal el botón Visualizar Mapa del Enlace, e ingresar los parámetros que tienen que ver con las coordenadas donde estarán ubicados los postes y los ductos de acceso de la fibra, se visualizara una imagen como la mostrada en la figura 37. Este grafico indica fielmente el trazado completo de nuestro enlace. Como se sabe la aplicación desarrollada aparte de mostrar el trazado permite con el movimiento del mouse ver la distancia desde el punto inicial y la atenuación existente hasta el punto donde se coloque el puntero.

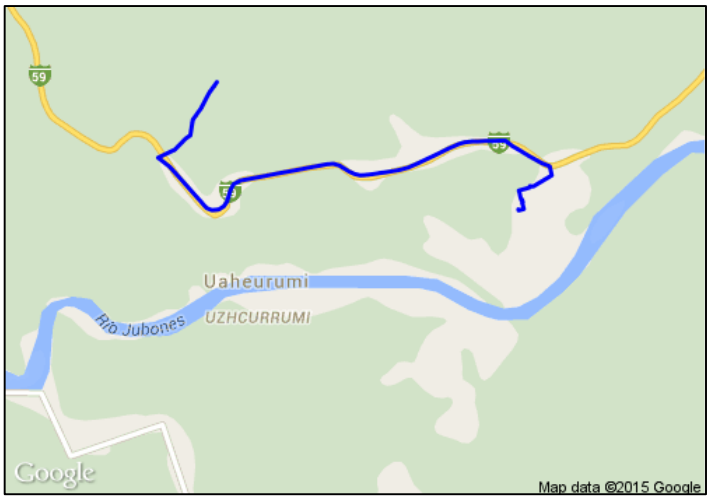

Figura 37: Trazado de Fibra Óptica
Fuente: El autor.

3.4 Resultados de Atenuación y Dispersión

Al ejecutar la aplicación desarrollada en el diseño de este enlace y luego de ingresar los parámetros de selección mencionados en el capítulo 2, los resultados que se obtienen en cuanto a Atenuación, Ancho de Banda y Capacidad de Transmisión del Enlace son los observados en la tabla 4:

Tabla 4: Resultados del diseño del enlace a través del Software

Parámetro de Medición	**Resultado**
Atenuación Total	6.4142 dB
Margen de Atenuación	4.1358 dB
Dispersión Cromática	14.833 ps
Dispersión por Modo de Polarización	1.02932 ps
Dispersión Total	15.862320 ps
Período de bit 10G	0.1 ns
¿El enlace funciona o no?	**Si funciona**

Fuente: El autor.

Los resultados que se ven en la tabla 4 son los que la aplicación desarrollada brinda al ingresar los parámetros antes mencionados. Como se puede observar se tiene un margen de potencia positivo, lo cual asegura la correcta llegada de información hasta el receptor, cabe recalcar que la potencia de transmisión considerada es el promedio entre la potencia máxima y mínima que se indica en el catálogo de Cisco. En cuanto al Ancho de Banda y Capacidad del Enlace, se verifica que la dispersión total producida en el enlace es menor al 70% del periodo de bit que se produce en una transmisión de 10 Gbps.

3.5 Análisis de Costos Unitarios

3.5.1 Metodología de Desarrollo

Para realizar el Análisis de Costos Unitarios del proyecto se utiliza los conocimientos adquiridos en la materia de Proyectos II dictada en la Universidad por el Ingeniero Edgar Pauta, en la misma se analiza todos los rubros que intervienen en la construcción del proyecto y dentro del análisis de cada rubro se considera Mano de Obra, Materiales, Equipos y Herramientas que intervienen en la ejecución del mismo.

Para los sueldos de los trabajadores se considera la tabla de Comisiones Sectoriales del año 2015, a los sueldos indicados en esta tabla se le suman todos los beneficios que por ley debe recibir un trabajador anualmente. Del total de ingresos anuales del trabajador se obtiene el jornal real por hora que reciben los diferentes tipos de empleados que se consideran en este trabajo.

El equipo menor o herramientas para cablistas y empalmadores se describe en el desarrollo y se considera en cada rubro según la necesidad del mismo, dentro del cuadro que realiza este análisis se obtiene el precio por hora de cada herramienta y como resultado se obtiene este precio para red aérea y red subterránea. Estos valores son diferentes ya que las herramientas ocupadas para una instalación aérea no son siempre las mismas para redes subterráneas.

Para establecer el costo por hora de los equipos, se sigue una metodología que considera el precio del bien, la depreciación, el seguro, el costo de mantenimiento y algunos costos variables que podrán ser observados en el desarrollo completo del análisis que vendrá a continuación. Los equipos considerados para este proyecto son: una camioneta, la maquina fusionadora de fibra óptica, el OTDR y el OLR, que son medidores de potencia.

La lista de materiales con el valor unitario de cada ítem se incluye en el desarrollo del análisis y se puede observar en la tabla 12, estos precios son referenciales y fueron obtenidos en el mercado local.

Dentro de cada rubro se considera el rendimiento de cada trabajador, de los equipos y de la herramienta necesaria. El rendimiento indica la cantidad de unidades por hora que es capaz de realizar el trabajador, con este dato se calcula el costo unitario total de los diferentes ítems considerados. A continuación se observa el desarrollo completo del análisis.

3.5.2 Desarrollo

En la tabla 5 se observa los sueldos básicos de acuerdo en la tabla de comisiones sectoriales.

Tabla 5: Tabla de comisiones sectoriales del año 2015

TABLAS DE SALARIOS REAL - HORA, DEL AÑO 2015 EN BASE A LAS COMISIONES SECTORIALES PARA EL DISEÑO DE RED SECUNDARIA PARA SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES													
Salario real hora en base a las comisiones sectoriales													
			Costo anual								Jornal Real		
Denominacion trabajador	Sueldo mensual	Sueldo diario	Sueldo unificado	XIII	XIV	IESS- IECE SECAP	Fondo de reserva	Total	Factor carga social	Factor de mayoracion	Mensual	Diario	Hora
Ingeniero Electrónico	381.65	12.72	4579.80	381.65	340.00	556.45	381.65	6239.55	1.36	2.07	790.78	26.36	3.29
Inspector	381.12	12.70	4573.44	381.12	340.00	555.67	381.12	6231.35	1.36	2.07	789.74	26.32	3.29
Empalmador	380.59	12.69	4567.08	380.59	340.00	554.90	380.59	6223.16	1.36	2.07	788.70	26.29	3.29
Ayudante empalmador	374.92	12.50	4499.04	374.92	340.00	546.63	374.92	6135.51	1.36	2.07	777.59	25.92	3.24
Cablista	374.92	12.50	4499.04	374.92	340.00	546.63	374.92	6135.51	1.36	2.07	777.59	25.92	3.24
Ayudante cablista	374.92	12.50	4499.04	374.92	340.00	546.63	374.92	6135.51	1.36	2.07	777.59	25.92	3.24
Chofer	526.52	17.55	6318.24	526.52	340.00	767.67	526.52	8478.95	1.34	2.04	1074.59	35.82	4.48
Mecánico	366.74	12.22	4400.88	366.74	340.00	534.71	366.74	6009.07	1.37	2.08	761.57	25.39	3.17

Fuente: JEZL Contadores Auditores.

A continuación en las tablas 6 y 7 se define el costo de la herramienta o equipo menor para cablistas y empalmadores.

Tabla 6: Equipo menor para cablistas

COSTO DE HERRAMIENTA (EQUIPO MENOR) PARA CABLISTAS							
Costo de herramientas (Equipo menor)							
Para cablistas							
Descripción	Reposicion al año	Cantidad	Precio Unitario	Precio por año	Precio por hora	Costo por hora (Red subterranea)	Costo por hora (Red aérea)
Overol	1	2	28.73	57.46	0.03	0.03	0.03
Botas de caucho	1	2	16.71	33.42	0.02	0.02	
Casco de protección	1	2	12.20	24.40	0.01	0.01	0.01
Guantes de cuero	2	2	4.80	19.20	0.01	0.01	0.01
Cinturón de seguridad	0.333	2	42.63	28.39	0.01		0.01
Cono de protección	0.333	1	5.43	1.81	0.00	0.00	0.00
Escalera	0.333	2	352.31	234.64	0.12		0.12
Destornillador (juego)	1	1	27.87	27.87	0.01	0.01	0.01
Llave de pico	1	2	13.17	26.34	0.01	0.01	0.01
Cortadora	1	1	9.75	9.75	0.01	0.01	0.01
Playo	1	1	7.49	7.49	0.00	0.00	0.00
Estilete de electricista	0.5	1	10.90	5.45	0.00	0.00	0.00
Taladro de percusión	0.25	1	233.19	58.30	0.03	0.03	0.03
Desenrrelladora de bobina	0.5	2	263.00	263.00	0.14	0.14	0.14
Barreta	0.25	1	16.70	4.18	0.00	0.00	
Pala	0.333	1	6.93	2.31	0.00	0.00	
Tecle	0.25	1	149.30	37.33	0.02		0.02
Arco de Sierra	0.5	1	17.74	8.87	0.00	0.00	0.00
Martillo	1	1	7.04	7.04	0.00	0.00	0.00
Flejadora	0.25	2	250.00	125.00	0.07		0.07
Sunchadora	0.25	1	137.20	34.30	0.02		0.02
					Total	**0.29**	**0.51**

Fuente: Precios referenciales en Mercado Local

Tabla 7: Equipo menor para empalmador

COSTO DE HERRAMIENTA (EQUIPO MENOR) PARA EMPALMADOR							
Costo de herramientas (Equipo menor)							
Para empalmadores							
Descripción	Reposicion al año	Cantidad	Precio Unitario	Precio por año	Precio por hora	Costo por hora (Red	Costo por hora (Red
Overol	1	2	28.73	57.46	0.03	0.03	0.03
Botas de caucho	1	2	16.71	33.42	0.02	0.02	
Casco de protección	1	2	12.20	24.40	0.01	0.01	0.01
Guantes de cuero	2	2	4.80	19.20	0.01	0.01	0.01
Cinturón de seguridad	0.5	1	42.63	21.32	0.01		0.01
Cono de protección	0.333	2	5.43	3.62	0.00	0.00	0.00
Escalera	0.333	1	352.31	117.32	0.06		0.06
Destornillador (juego)	2	2	27.87	111.48	0.06	0.06	0.06
Cortadora	1	2	9.75	19.50	0.01	0.01	0.01
Estilete de electricista	1	1	10.90	10.90	0.01	0.01	0.01
VFL	0.5	1	200.00	100.00	0.05	0.05	0.05
					Total	**0.20**	**0.25**

Fuente: Precios referenciales en Mercado Local

En las tablas 8, 9, 10 y 11 se detalla la obtención del costo por hora de los ítems considerados como equipo mayor, entre estos consta el vehículo, el OTDR, la fusionadora de fibra y el ORL.

Tabla 8: Costo por hora del vehículo. Camioneta Luv Dmax Doble Cabina 2012

METODO PARA ESTABLECER EL COSTO POR HORA DEL VEHÍCULO

METODO PARA ESTABLECER EL COSTO POR HORA DE UN EQUIPO		
Costo por hora del vehiculo (Camioneta)		
1.	**Costo Fijo**	
1.1.	**Cálculo de la depreciación (D)**	16.67
1.2.	**Cálculo del Seguro (S):**	2.40
1.3.	**Cálculo de Mantenimiento (M):**	5.21
1.4.	**Interes del Capital (IC):**	
	Interés medio anual (IMA):	59789.28
		5.98
1.5.	**Impuesto Matricula (IM):**	0.83
1.6.	**Impuesto Tasa Solidaria (ITS):**	0.03
1.7.	**Impuesto Cuenca Aire (ICA):**	0.05
1.8.	**Costo Sppat (ISPPAT):**	0.79
	Costo Fijo Día (CFD):	31.96
	Costo Fijo Hora (CFH):	3.99
2.	**Costo Variable**	
2.1.	**Gasolina**	0.05
2.2.	**Aceite**	0.02
2.3.	**Llantas**	0.02
	Costo de consumo por kilómetro (CCK):	0.09
	Recorrido Diario (Km)	120
	Costo consumo diario (CCD):	10.57
	Costo consumo hora (CCH):	1.32
	Costo Total (CFH+CCH):	**5.32**

Datos	
Descripción	**Valor**
Valor del equipo (VE):	24999.00
Valor Residual (VR):	4999.80
Vida Util (VU):	1200.00
Valor seguro (VS):	874.97
Valo Matrícula (VM):	302.47
Valor Tasa Solidaria (VTS):	12.00
Valor Cuencaire (VCA):	20.00
Costo SPPAT (Vsppat):	289.00
Gasolina	1.48
Aceite	36.98
Llantas	198.00

Fuente: El autor.

Tabla 9: Costo por hora del OTDR

METODO PARA ESTABLECER EL COSTO POR HORA DEL OTDR

METODO PARA ESTABLECER EL COSTO POR HORA DE UN EQUIPO

	Costo por hora del OTDR	
1.	**Costo Fijo**	
1.1.	**Cálculo de la depreciación (D)**	5.33
1.2.	**Cálculo del Seguro (S):**	0.77
1.3.	**Cálculo de Mantenimiento (M):**	1.67
1.4.	**Interes del Capital (IC):**	
	Interés medio anual (IMA):	19133.33
		1.91
	Costo Fijo Día (CFD):	9.68
	Costo Fijo Hora (CFH):	1.21
2.	**Costo Variable**	
2.1.	**Bateria**	0.02
	Costo por hora (CCH):	0.02
	Costo Total (CFH+CCH):	**1.23**

Datos	
Descripción	**Valor**
Valor del equipo (VE):	8000.00
Valor Residual (VR):	1600.00
Vida Util (VU):	1200.00
Valor seguro (VS):	280.00
Bateria:	3.00

Fuente: El autor.

Tabla 10: Costo por hora de la Fusionadora

METODO PARA ESTABLECER EL COSTO POR HORA DE LA MAQUINA FUSIONADORA

METODO PARA ESTABLECER EL COSTO POR HORA DE UN EQUIPO

	Costo por hora de la Maquina	
1.	**Costo Fijo**	
1.1.	**Cálculo de la depreciación (D)**	10.00
1.2.	**Cálculo del Seguro (S):**	1.44
1.3.	**Cálculo de Mantenimiento (M):**	3.13
1.4.	**Interes del Capital (IC):**	
	Interés medio anual (IMA):	35875.00
		3.59
	Costo Fijo Día (CFD):	18.15
	Costo Fijo Hora (CFH):	2.27
2.	**Costo Variable**	
2.1.	**Bateria**	0.02
	Costo por hora (CCH):	0.02
	Costo Total (CFH+CCH):	**2.29**

Datos	
Descripción	**Valor**
Valor del equipo (VE):	15000.00
Valor Residual (VR):	3000.00
Vida Util (VU):	1200.00
Valor seguro (VS):	525.00
Bateria:	3.00

Fuente: El autor.

Tabla 11: Costo por hora del ORL

METODO PARA ESTABLECER EL COSTO POR HORA DEL ORL

METODO PARA ESTABLECER EL COSTO POR HORA DE UN EQUIPO

Costo por hora del ORL		
1.	**Costo Fijo**	
1.1.	**Cálculo de la depreciación (D)**	2.67
1.2.	**Cálculo del Seguro (S):**	0.38
1.3.	**Cálculo de Mantenimiento (M):**	0.83
1.4.	**Interes del Capital (IC):**	
	Interés medio anual (IMA):	9566.67
		0.96
	Costo Fijo Día (CFD):	4.84
	Costo Fijo Hora (CFH):	0.61
2.	**Costo Variable**	
2.1.	**Bateria**	0.02
	Costo por hora (CCH):	0.02
	Costo Total (CFH+CCH):	**0.63**

Datos	
Descripción	**Valor**
Valor del equipo (VE):	4000.00
Valor Residual (VR):	800.00
Vida Util (VU):	1200.00
Valor seguro (VS):	140.00
Bateria:	3.00

Fuente: El autor.

En la tabla 12 se lista los materiales necesarios para el enlace con sus respectivos precios.

Tabla 12: Lista de materiales con precios unitarios

LISTA DE MATERIALES

Descripción	Und	Cant	P. Unit	Total
CABLES				
Cable ADSS G.652D de 24 hilos span 150m	Metro	5000	2.25	11250.00
ARMADO ESTACION				
Pigtail SC/APC Monomodo G.652D	Unidad	48	13.70	657.60
ODF 24 puertos SC monomodo G.652D, pulido APC	Unidad	2	240.00	480.00
Patchcord Duplex SC/APC - LC/UPC 2 metros	Unidad	2	22.30	44.60
Transceptor Cisco SFP+ 10G-BASE LR	Unidad	2	380.00	760.00
HERRAJERIA				
Gancho terminal	Unidad	52	2.07	107.64
Soporte gancho terminal	Unidad	52	4.20	218.40
Preformado de Retención para Cable de Fibra Optica ADSS	Unidad	52	8.20	426.40
Herraje de Suspension para Cable de Fibra Optica ADSS	Unidad	39	8.50	331.50
MATERIAL DE SUJECIÓN				
Cinta de acero 1/2"	Metro	5.4	2.48	13.39
Cinta de acero 3/4"	Metro	118.8	2.52	299.38
Hebilla de 1/2"	Unidad	6	1.39	8.34
Hebilla de 3/4"	Unidad	132	0.61	80.52
MATERIAL DE EMPALME				
Caja para empalme de 24 hilos	Unidad	1	240.00	240.00
MATERIAL PARA TENSOR				
Cable de acero galvanizado para tensor 5/8"	Metro	36	1.15	41.40
Preformado de 5/8"	Unidad	4	7.10	28.40
Guardacabo de 5/8"	Unidad	4	1.32	5.28
Varilla para bloque de anclaje 5/8" x 1,8m	Unidad	4	12.25	49.00
Bloque de hormigón para anclaje	Unidad	4	8.72	34.88
VARIOS				
Poste de hormigón 11 Mts.	Unidad	6	220.00	1320.00
Cono de proteccion	Unidad	2	6.70	13.40
Canaleta de hierro de 1,20m	Unidad	4	15.00	60.00
Triducto para instalacion Canalizada	Metro	255	8.00	2040.00
Rack Cerrado de 43u 19" para Telecomunicaciones	Unidad	2	520.00	1040.00
Piedra	Metro3	3	50.16	150.48
			Total	**19700.61**

Fuente: Precios referenciales en Mercado Local

Entre las tablas 13 y 22 se desarrolla el análisis individual de los diferentes rubros, y se detalla completamente el método de obtención del costo unitario de cada uno.

Tabla 13: Análisis de Costo Unitario del Tendido Aéreo

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE MANO DE OBRA
(TENDIDO DE RED AÉREA, CABLE ADSS 24 HILOS)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra: Construcción de enlace óptico entre el Campamento y la Central Minas San Francisco			**Oferente:**		
			Fecha: Mayo 2015		
Direccion:					
Descripcion: Tendido de red aérea de Fibra Óptica, cable ADSS 24 hilos					
Unidad: Metro					
Especificaciones: no contempla el vestido de estructuras					

Costos directos

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio / Unitario	Rendimiento (U/H)	Costo total / Unidad
Camioneta 2000cc	Unidad	1	5.32	320.00	0.02
Equipo menor cablista	Lote	1	0.51	100.00	0.01
			Subtotal de Equipo $		0.02

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio / Unidad		Costo total / Unidad
Cable ADSS de 24 hilos	Metro	1	2.25		2.25
			Subtotal de Materiales $		2.25

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo / Unidad	Distancia	Costo total
xxx	x	x	x	x	x
			Subtotal de Transporte $		0

Mano de Obra

Descripción	Numero	Salario real hora	Rendimiento		Costo total
Cablista	2	3.24	100.00		0.06
Ayudante cablista	2	3.24	100.00		0.06
Inspector	1	3.29	320.00		0.01
Chofer	1	4.48	320.00		0.01
Ingeniero	1	3.29	533.33		0.01
			Subtotal de Mano de obra		0.16
			Costo directo total $		2.43

Costo Indirecto

Descripcion			Porcentaje %		Costo Indirecto
Global			15		0.36
			Costo Indirecto Total $		0.36
Precio unitario total calculado:	$.....				**2.80**

Fuente: El autor.

Tabla 14: Análisis de costo unitario del vestido de estructura 2R

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE MANO DE OBRA
(VESTIDO DE ESTRUCTURA TIPO 2R)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Obra: Construcción de enlace óptico entre el Campamento y la Central Minas San Francisco			**Oferente:**		
			Fecha: Mayo 2015		
Direccion:					
Descripcion: Vestido de estructura tipo 2R					
Unidad: Unidad					
Especificaciones: Se considera toda la herrajería en este tipo de estructura					
Costos directos					
Equipo y herramienta					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio / Unitario**	**Rendimiento (U/H)**	**Costo total / Unidad**
Camioneta 2000cc	Unidad	1	5.32	4.00	1.33
Equipo menor cablista	Lote	1	0.51	1.25	0.41
			Subtotal de Equipo $		1.74
Materiales					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio / Unidad**		**Costo total / Unidad**
Soporte gancho terminal	Unidad	2	4.20		8.4
Gancho terminal	Unidad	2	2.07		4.14
Cinta de acero de 3/4"	Metro	1.8	2.52		4.536
Hebilla 3/4"	Unidad	2	0.61		1.22
			Subtotal de Materiales $		18.30
Transporte					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo / Unidad**	**Distancia**	**Costo total**
xxx	x	x	x	x	x
			Subtotal de Transporte $		0
Mano de Obra					
Descripción	**Numero**	**Salario real hora**	**Rendimiento**		**Costo total**
Cablista	1	3.24	1.25		2.59
Ayudante cablista	1	3.24	1.25		2.59
Inspector	1	3.29	4.00		0.82
Chofer	1	4.48	4.00		1.12
Ingeniero	1	3.29	20.00		0.16
			Subtotal de Mano de obra		7.29
			Costo directo total $		27.32
Costo Indirecto					
Descripcion			**Porcentaje %**		**Costo Indirecto**
Global			15		4.10
			Costo Indirecto Total $		4.10
Precio unitario total calculado:	$.....				**31.42**

Fuente: El autor.

Tabla 15: Análisis de costo unitario del vestido de estructura S

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE MANO DE OBRA
(VESTIDO DE ESTRUCTURA TIPO S)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra: Construcción de enlace óptico entre el Campamento y la Central Minas San Francisco			**Oferente:**		
			Fecha: Mayo 2015		
Direccion:					
Descripcion: Vestido de estructura tipo S					
Unidad: Unidad					
Especificaciones: Se considera toda la herrajería en este tipo de estructura					

Costos directos

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio / Unitario	Rendimiento (U/H)	Costo total / Unidad
Camioneta 2000cc	Unidad	1	5.32	6.00	0.89
Equipo menor cablista	Lote	1	0.51	1.88	0.27
			Subtotal de Equipo $		1.16

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio / Unidad		Costo total / Unidad
Herraje de Suspension para Cable ADSS	Unidad	2	4.20		8.4
Cinta de acero de 3/4"	Metro	1.8	2.52		4.536
Hebilla 3/4"	Unidad	2	0.61		1.22
			Subtotal de Materiales $		14.16

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo / Unidad	Distancia	Costo total
xxx	x	x	x	x	x
			Subtotal de Transporte $		0

Mano de Obra

Descripción	Numero	Salario real hora	Rendimiento		Costo total
Cablista	1	3.24	1.88		1.73
Ayudante cablista	1	3.24	1.88		1.73
Inspector	1	3.29	6.00		0.55
Chofer	1	4.48	6.00		0.75
Ingeniero	1	3.29	30.00		0.11
			Subtotal de Mano de obra		4.86
			Costo directo total $		20.17

Costo Indirecto

Descripcion			Porcentaje %		Costo Indirecto
Global			15		3.03
			Costo Indirecto Total $		3.03
Precio unitario total calculado:	$.....				**23.20**

Fuente: El autor.

Tabla 16: Análisis de Costo Unitario del Transporte y Plantado de Postes

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE MANO DE OBRA
(TRANSPORTE Y PLANTADO DE POSTE)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra: Construcción de enlace óptico entre el Campamento y la Central Minas San Francisco			**Oferente:**		
			Fecha: Mayo 2015		
Direccion:					
Descripcion: Transporte y plantado de poste de Hormigon armado de 11 metros					
Unidad: Unidad					
Especificaciones: Incluye excavación y acopio de piedras					

Costos directos

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio / Unitario	Rendimiento (U/H)	Costo total / Unidad
Camioneta 2000cc	Unidad	1	5.32	0.50	10.63
Equipo menor cablista	Lote	1	0.51	0.25	2.03
			Subtotal de Equipo $		12.67

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio / Unidad		Costo total / Unidad
Poste de hormigón armado de 11m	Unidad	1	220.00		220.00
Piedras	Metro3	0.5	50.16		25.08
			Subtotal de Materiales $		245.08

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo / Unidad	Distancia	Costo total
xxx	x	x	x	x	x
			Subtotal de Transporte $		0

Mano de Obra

Descripción	Numero	Salario real hora	Rendimiento		Costo total
Cablista	2	3.24	0.25		25.92
Ayudante cablista	2	3.24	0.25		25.92
Inspector	1	3.29	0.50		6.58
Chofer	1	4.48	0.50		8.95
Ingeniero	1	3.29	2.00		1.65
			Subtotal de Mano de obra		69.02
			Costo directo total $		326.77

Costo Indirecto

Descripcion			Porcentaje %		Costo Indirecto
Global			15		49.02
			Costo Indirecto Total $		49.02

Precio unitario total calculado:	$.....	**375.78**

Fuente: El autor.

Tabla 17: Análisis de Costo Unitario del Montaje de Tensor a Tierra

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE MANO DE OBRA
(MONTAJE DE TENSOR A TIERRA)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Obra: Construcción de enlace óptico entre el Campamento y la Central Minas San Francisco			**Oferente:**		
			Fecha: Mayo 2015		
Direccion:					
Descripcion: Montaje de tensor a tierra					
Unidad: Unidad					
Especificaciones: Incluye enterramiento de la varilla					
Costos directos					
Equipo y herramienta					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio / Unitario**	**Rendimiento (U/H)**	**Costo total / Unidad**
Camioneta 2000cc	Unidad	1	5.32	0.80	6.64
Equipo menor cablista	Lote	1	0.51	0.38	1.36
			Subtotal de Equipo $		8.00
Materiales					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio / Unidad**		**Costo total / Unidad**
Cable de acero galvanizado 5/8"	Metro	9	1.15		10.35
Preformado 5/8"	Unidad	1	7.10		7.1
Guardacabo 5/8"	Unidad	1	1.32		1.32
Varilla de anclaje de 5/8"	Unidad	1	12.25		12.25
Bloque de hormigon para anclaje	Unidad	1	8.72		8.72
			Subtotal de Materiales $		39.74
Transporte					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo / Unidad**	**Distancia**	**Costo total**
xxx	x	x	x	x	x
			Subtotal de Transporte $		0
Mano de Obra					
Descripción	**Numero**	**Salario real hora**	**Rendimiento**		**Costo total**
Cablista	1	3.24	0.38		8.64
Ayudante cablista	1	3.24	0.38		8.64
Inspector	1	3.29	0.80		4.11
Chofer	1	4.48	0.80		5.60
Ingeniero	1	3.29	6.00		0.55
			Subtotal de Mano de obra		27.54
			Costo directo total $		75.28
Costo Indirecto					
Descripcion			**Porcentaje %**		**Costo Indirecto**
Global			15		11.29
			Costo Indirecto Total $		11.29
Precio unitario total calculado:	$.....				**86.57**

Fuente: El autor.

Tabla 18: Análisis de Costo Unitario del Empalme Aéreo de Cable ADSS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE MANO DE OBRA
(EMPALME CABLE AÉREO ADSS 24 HILOS)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Obra: Construcción de enlace óptico entre el Campamento y la Central Minas San Francisco			**Oferente:**		
			Fecha: Mayo 2015		
Direccion:					
Descripcion: Empalme cable aéreo ADSS 24 Hilos					
Unidad: Unidad					
Especificaciones:					
Costos directos					
Equipo y herramienta					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio / Unitario**	**Rendimiento (U/H)**	**Costo total / Unidad**
Camioneta 2000cc	Unidad	1	5.32	0.80	6.64
Equipo menor empalmador	Lote	1	0.25	0.17	1.52
Fusionadora	Unidad	1	2.29	0.17	13.76
OTDR	Unidad	1	1.23	0.17	7.41
ORL	Unidad	1	0.63	0.17	3.78
			Subtotal de Equipo $		33.11
Materiales					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio / Unidad**		**Costo total / Unidad**
Caja para empalme de 24 hilos	Unidad	1	240.00		240
Paño impregando de alcohol	Unidad	12	1.00		12.00
Mango Termocontractil	Unidad	24	0.50		12.00
			Subtotal de Materiales $		264.00
Transporte					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo / Unidad**	**Distancia**	**Costo total**
xxx	x	x	x	x	x
			Subtotal de Transporte $		0
Mano de Obra					
Descripción	**Numero**	**Salario real hora**	**Rendimiento**		**Costo total**
Empalmador	1	3.29	0.17		19.72
Ayudante empalmador	1	3.24	0.17		19.44
Inspector	1	3.29	0.80		4.11
Chofer	1	4.48	0.80		5.60
Ingeniero	1	3.29	1.00		3.29
			Subtotal de Mano de obra		52.16
			Costo directo total $		349.27
Costo Indirecto					
Descripcion			**Porcentaje %**		**Costo Indirecto**
Global			15		52.39
			Costo Indirecto Total $		52.39
Precio unitario total calculado:	$.....				**401.66**

Fuente: El autor.

Tabla 19: Análisis de costo unitario del empalme de 24 Pigtails

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE MANO DE OBRA
(EMPALME 24 PIGTAILS SC/APC)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra: Construcción de enlace óptico entre el Campamento y la Central Minas San Francisco			**Oferente:**		
			Fecha: Mayo 2015		
Direccion:					
Descripcion: Empalme cable aéreo Terminacion en Pigtail					
Unidad: Unidad					
Especificaciones:					

Costos directos

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio / Unitario	Rendimiento (U/H)	Costo total / Unidad
Camioneta 2000cc	Unidad	1	5.32	0.80	6.64
Equipo menor empalmador	Lote	1	0.25	0.17	1.52
Fusionadora	Unidad	1	2.29	0.17	13.76
OTDR	Unidad	1	1.23	0.17	7.41
ORL	Unidad	1	0.63	0.17	3.78
			Subtotal de Equipo $		33.11

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio / Unidad		Costo total / Unidad
Pigtail SC/APC Monomodo G.652D	Unidad	24	13.70		328.8
Paño impregando de alcohol	Unidad	12	1.00		12.00
Mango Termocontractil	Unidad	24	0.50		12.00
			Subtotal de Materiales $		352.80

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo / Unidad	Distancia	Costo total
xxx	x	x	x	x	x
			Subtotal de Transporte $		0

Mano de Obra

Descripción	Numero	Salario real hora	Rendimiento		Costo total
Empalmador	1	3.29	0.17		19.72
Ayudante empalmador	1	3.24	0.17		19.44
Inspector	1	3.29	0.80		4.11
Chofer	1	4.48	0.80		5.60
Ingeniero	1	3.29	1.00		3.29
			Subtotal de Mano de obra		52.16
			Costo directo total $		438.07

Costo Indirecto

Descripcion			Porcentaje %		Costo Indirecto
Global			15		65.71
			Costo Indirecto Total $		65.71
Precio unitario total calculado:	$.....				**503.78**

Fuente: El autor.

Tabla 20: Análisis de costo unitario de la colocación del triducto

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE MANO DE OBRA
(Colocacion triducto canalizado)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra: Construcción de enlace óptico entre el Campamento y la Central Minas San Francisco			**Oferente:**		
			Fecha: Mayo 2015		
Direccion:					
Descripcion: Colocación Triducto Canalizado					
Unidad: Unidad					
Especificaciones:					

Costos directos

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio / Unitario	Rendimiento (U/H)	Costo total / Unidad
Camioneta 2000cc	Unidad	1	5.32	80.00	0.07
Equipo menor cablista	Lote	1	0.51	25.00	0.02
			Subtotal de Equipo $		0.09

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio / Unidad		Costo total / Unidad
Triducto canalizado	Metro	1	8.00		8
			Subtotal de Materiales $		8.00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo / Unidad	Distancia	Costo total
xxx	x	x	x	x	x
			Subtotal de Transporte $		0

Mano de Obra

Descripción	Numero	Salario real hora	Rendimiento		Costo total
Cablista	2	3.24	25.00		0.26
Ayudante cablista	2	3.24	25.00		0.26
Inspector	1	3.29	80.00		0.04
Chofer	1	4.48	80.00		0.06
Ingeniero	1	3.29	300.00		0.01
			Subtotal de Mano de obra		0.63
			Costo directo total $		8.71

Costo Indirecto

Descripcion			Porcentaje %		Costo Indirecto
Global			15		1.31
			Costo Indirecto Total $		1.31

Precio unitario total calculado:	$.....	**10.02**

Fuente: El autor.

Tabla 21: Análisis de Costo Unitario del Armado del ODF

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE MANO DE OBRA (Armado de ODF de 24 puertos SC)					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Obra: Construcción de enlace óptico entre el Campamento y la Central Minas San Francisco			**Oferente:**		
			Fecha: Mayo 2015		
Direccion:					
Descripcion: Armado de ODF					
Unidad: Unidad					
Especificaciones:					
Costos directos					
Equipo y herramienta					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio / Unitario**	**Rendimiento (U/H)**	**Costo total / Unidad**
Camioneta 2000cc	Unidad	1	5.32	0.80	6.64
Equipo menor empalmador	Lote	1	0.25	0.25	1.01
			Subtotal de Equipo $		7.66
Materiales					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio / Unidad**		**Costo total / Unidad**
ODF 24 puertos SC monomodo G.652D, pulido APC	Unidad	1	240.00		240
			Subtotal de Materiales $		240.00
Transporte					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo / Unidad**	**Distancia**	**Costo total**
xxx	x	x	x	x	x
			Subtotal de Transporte $		0
Mano de Obra					
Descripción	**Numero**	**Salario real hora**	**Rendimiento**		**Costo total**
Empalmador	1	3.29	0.25		13.14
Ayudante empalmador	1	3.24	0.25		12.96
Inspector	1	3.29	0.80		4.11
Chofer	1	4.48	0.80		5.60
Ingeniero	1	3.29	3.00		1.10
			Subtotal de Mano de obra		36.91
			Costo directo total $		284.57
Costo Indirecto					
Descripcion			**Porcentaje %**		**Costo Indirecto**
Global			15		42.69
			Costo Indirecto Total $		42.69
Precio unitario total calculado:	$.....				**327.25**

Fuente: El autor.

Tabla 22: Análisis de Costo Unitario del Armado del Rack

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE MANO DE OBRA
(Armado del Rack)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Obra: Construcción de enlace óptico entre el Campamento y la Central Minas San Francisco			**Oferente:**		
			Fecha: Mayo 2015		
Direccion:					
Descripcion: Armado e Instalacion del Rack					
Unidad: Unidad					
Especificaciones: Incluye Patchcord y Transceptor, no incluye Switch					
Costos directos					
Equipo y herramienta					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio / Unitario**	**Rendimiento (U/H)**	**Costo total / Unidad**
Camioneta 2000cc	Unidad	1	5.32	0.80	6.64
Equipo menor empalmador	Lote	1	0.25	0.25	1.01
			Subtotal de Equipo $		7.66
Materiales					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio / Unidad**		**Costo total / Unidad**
Rack Cerrado de 43u 19" para Telecomunicaciones	Unidad	1	520.00		520
Transceptor Cisco SFP+ 10G-BASE LR	Unidad	1	380.00		380
Patchcord Duplex SC/APC - LC/UPC 2 metros	Unidad	1	22.30		22.3
			Subtotal de Materiales $		922.30
Transporte					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo / Unidad**	**Distancia**	**Costo total**
xxx	x	x	x	x	x
			Subtotal de Transporte $		0
Mano de Obra					
Descripción	**Numero**	**Salario real hora**	**Rendimiento**		**Costo total**
Empalmador	1	3.29	0.25		13.14
Ayudante empalmador	1	3.24	0.25		12.96
Inspector	1	3.29	0.80		4.11
Chofer	1	4.48	0.80		5.60
Ingeniero	1	3.29	3.00		1.10
			Subtotal de Mano de obra		36.91
			Costo directo total $		966.87
Costo Indirecto					
Descripcion			**Porcentaje %**		**Costo Indirecto**
Global			15		145.03
			Costo Indirecto Total $		145.03
Precio unitario total calculado:	$.....				**1111.90**

Fuente: El autor.

Finalmente en la tabla 23 se presenta el prepuesto referencial total del enlace.

Tabla 23: Presupuesto Total para la Construcción del Sistema

PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL ENLACE					
Cod	**Rubro**	**Unidad**	**Cantidad Contratada**	**Precio Unitario**	**Valor del contrato**
1	Tendido de red aérea de Fibra Óptica, cable ADSS 24	Metro	5,000	2.80	13,982.56
2	Vestido de estructura tipo 2R	Unidad	25	31.42	785.52
3	Vestido de estructura tipo S	Unidad	36	23.20	835.19
4	Transporte y plantado de poste de Hormigon armado de 11 metros	Unidad	6	375.78	2,254.71
5	Montaje de tensor a tierra	Unidad	4	86.57	346.29
6	Empalme cable aéreo ADSS 24 Hilos	Unidad	1	401.66	401.66
7	Instalacion Triducto Canalizado	Metro	255	10.02	2,555.17
8	Empalme cable aéreo Terminacion en 24 Pigtails	Unidad	2	503.78	1,007.56
9	Armado de ODF	Unidad	2	327.25	654.51
10	Armado e Instalacion del Rack	Unidad	2	1,111.90	2,223.80
					25,046.97

Fuente: El autor.

3.6 Cronograma de Trabajo

En este cronograma se indican los tiempos estimados que tomara la ejecución de los diferentes rubros del proyecto, como se observa algunos de los ítems podrán ser desarrollados simultáneamente, por lo que comparten el día de ejecución, en cambio otros necesitan ser terminados para proceder con el siguiente.

Para determinar los tiempos de trabajo necesarios para la ejecución de este proyecto, se utilizan los rendimientos que fueron calculados en el análisis de costos unitarios de cada rubro, del grupo de trabajadores se toma el de menor rendimiento y con una regla de tres simple se obtiene el tiempo total en horas que tomara la ejecución completa de ese rubro, con este dato se tendrá un cronograma muy cercano a la realidad, el cual se observa en la tabla 24.

Tabla 24: Cronograma de Trabajo

Rubros de Instalación	Días											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tendido de red aérea de Fibra Óptica, cable ADSS 24 hilos												
Vestido de estructura tipo 2R												
Vestido de estructura tipo S												
Transporte y plantado de poste de 11 metros												
Montaje de tensor a tierra												
Empalme cable aéreo ADSS 24 Hilos												
Empalme cable aéreo Terminacion en 24 Pigtails												
Colocación Triducto Canalizado												
Armado de ODF												
Armado e Instalacion del Rack												

Fuente: El autor.

CAPÍTULO 4
REGISTRO DEL ENLACE EN LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES ARCOTEL

4.1 Descripción del proceso

En la presentación del tema de este trabajo se incluyó el registro del enlace en la SENATEL. Debido a la reciente formación de la ARCOTEL, el trámite será dirigido hacia esta nueva entidad utilizando los formularios y reglamentación vigentes.

Los requisitos y formularios se consiguen a través de la página web de la Arcotel, pero las condiciones varían según el tipo de persona o empresa que requiere registrar su infraestructura de telecomunicaciones, por lo que es necesaria una visita a las instalaciones de esta Agencia; en este caso particular, además de la consulta vía internet se realizó una visita a las instalaciones ubicadas en el Edificio San Vicente de Paúl en la Avenida Solano y 12 de Abril.

Luego de consultar sobre el requisito y llenado de formularios, la Ingeniera Ana Piedra se encargó del asesoramiento en cuanto al proceso de registro. Entre la información obtenida se destaca la existencia de un permiso de red privada para CELEC E.P., con lo que se sabe que la solicitud es para modificación o ampliación del permiso y se simplifica el proceso en cuanto a requisitos. A continuación se detalla el procedimiento necesario para registrar el enlace de Fibra Óptica ante la ARCOTEL:

4.2 Requisitos para el registro del enlace

a) Solicitud dirigida al Señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones

b) Formularios para la Solicitud de Permiso de Red Privada

- FORMULARIO ST-1A-DGGST
- FORMULARIO ST-2A-DGGST
- Formulario registro infraestructura, modificaciones, ampliaciones

c) Formularios para el Registro del Enlace Físico

- Formulario Registro de Redes Físicas SNT–P–000–RTF
- Formulario Registro de Infraestructura SNT-P -000A

d) Anteproyecto técnico elaborado y suscrito por un ingeniero en electrónica y/o telecomunicaciones.

e) Gráfico esquemático detallado de la red a instalarse, el cual debe estar asociado a un plano geográfico, en el que se indiquen la trayectoria del medio físico de transmisión o los enlaces radioeléctricos que se van a utilizar. Dicho gráfico deberá contener las direcciones exactas de las instalaciones.

4.3 Obtención de requisitos y llenado de los formularios

OFICIO No. CELEC EP - xx -0xx - 2015

Cuenca, 00 de xxx de 2015

Ingeniera
Ana Vanessa Proaño De La Torre
DIRECTORA EJECUTIVA DE ARCOTEL
Ciudad.-

Asunto: **SOLICITUD DE AMPLIACIÓN DE RED PRIVADA**

De mi consideración:

Mediante el presente, muy comedidamente solicito a usted se digne disponer a quien corresponda el análisis y aprobación de la documentación técnica y legal para la ampliación de un PERMISO DE EXPLOTACIÓN DE RED PRIVADA.
Esta red privada fue autorizada mediante resolución N° 443-18-CONATEL-2006, del 9 de agosto de 2006, e inscrita en el Tomo 63 a fojas 6333 del registro público de telecomunicaciones.
Para el efecto, se adjuntan los requisitos técnicos y jurídicos pertinentes, entre los que se mencionan:

Requisitos Técnicos

- Formulario ST-1A
- Formulario ST-2A
- Formulario de Registro para la ampliación y modificación de la infraestructura del permiso de operación de red privada.

Requisitos Legales:

- Copia notarizada de la Cédula de Ciudadanía del Representante Legal de la Corporación.
- Copia notarizada del nombramiento del Representante Legal de la Corporación.

- Copia Simple del Decreto Ejecutivo No 220 donde se crea la "CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR CELEC-EP"
- Copia Simple del registro Oficial No 517 del Lunes 22 de Agosto de 2011 en el que se modifica el domicilio de CELEC-EP a la Ciudad de Cuenca.
- Copia notarizada del RUC de la Corporación Eléctrica del Ecuador
- Debido a que la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones cuenta con al menos una copia notarizada de la Escritura Constitutiva de la "Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC S.A." (Trámites previo SNT-2010-39215, SNT-2010-39236 o SNT-2010-39243; entre otros) solicito que por el principio de economía procesal dicha copia sea incorporada a la presente solicitud.
- Copias notarizadas de los documentos que avalan la legal ocupación de los diferentes sitios donde se ubicarán los equipos de telecomunicaciones.

Atentamente,

Ing. Eduardo Barredo Heinert
GERENTE GENERAL
EMPRESA PÚBLICA ESTRATÉGICA
CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR CELEC EP.

OFICIO No. CELEC EP - xx -0xx - 2015

Cuenca, 00 de xxx de 2015

Ingeniera
Ana Vanessa Proaño De La Torre
DIRECTORA EJECUTIVA DE ARCOTEL
Ciudad.-

Asunto: **SOLICITUD DE REGISTRO DE ENLACES FÍSICOS**

De mi consideración:

Mediante el presente, muy comedidamente solicito a usted se digne disponer a quien corresponda el análisis y aprobación de la documentación técnica y legal para el REGISTRO de un enlace físico de Fibra Óptica. La finalidad de dichos enlaces es la transmisión de datos entre dos de los emplazamientos que conforman nuestra RED PRIVADA.

Para el efecto, se adjuntan los requisitos técnicos y jurídicos pertinentes, entre los que se mencionan:

Requisitos Técnicos

i. Formulario Registro de Redes Físicas SNT-P-000-RTF
ii. Formulario Registro de Infraestructura SNT-P-000A

Los requisitos legales para el registro del enlace físico antes descrito, forman parte de la solicitud de ampliación de un PERMISO DE EXPLOTACIÓN DE RED PRIVADA, ingresado a la secretaría nacional de telecomunicaciones de forma paralela a este trámite; mediante oficio **CELEC-EP-GG-XX-2015**

Atentamente,

Ing. Eduardo Barredo Heinert
GERENTE GENERAL
EMPRESA PÚBLICA ESTRATÉGICA
CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR CELEC EP.

Tabla 25: Formulario de información general para solicitar permiso de red privada ST - 1A

SENATEL Secretaría Nacional de Telecomunicaciones	**FORMULARIO DE INFORMACION GENERAL PARA SOLICITAR PERMISOS DE RED PRIVADA**	**ST – 1A** Elab.: DGGST

SOLICITUD:	
2) OBJETO DE LA SOLICITUD*:	( ) PERMISO RED PRIVADA (**X**) MODIFICACIÓN Y/O AMPLIACIÓN RED PRIVADA
3) MEDIO DE TRANSMISIÓN DE SISTEMA*:	(**X**) MEDIO FÍSICO ( ) SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA ( ) SERVICIO FIJO MÓVIL POR SATELITE

DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:

PERSONA NATURAL

4) NOMBRE

APELLIDO PATERNO*:	APELLIDO MATERNO*:	NOMBRES*:	CI*:

PERSONA JURIDICA

5) NOMBRE DE LA EMPRESA*: CORPORACION ELECTRICA DEL ECUADOR CELEC-EP

6) REPRESENTANTE LEGAL

APELLIDO PATERNO*:	APELLIDO MATERNO*:	NOMBRES:*	CI*:
BARREDO	HEINERT	CARLOS EDUARDO	090335865-3

7) CARGO*: GERENTE GENERAL	
8) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA: La generación, transmisión, distribución, comercialización, importación y exportación de energía eléctrica.	RUC*: 1768152800001

9) ***DIRECCION***

PROVINCIA*:	CIUDAD*:	DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.)*:
AZUAY	CUENCA	PANAMERICANA NORTE KM7 1/2

e-mail:	CASILLA:	TELEFONO / FAX*:
john.rockwood@celec.gob.ec	----	(07)2875452 Ext 1401

10) ***CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)***

Certifico que el presente anteproyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva

APELLIDO PATERNO*:	APELLIDO MATERNO*:	NOMBRES*:	LIC. PROF*:
ROCKWOOD	IGLESIAS	JOHN PAUL	

e-mail:	CASILLA:	TELEFONO / FAX*:
john.rockwood@celec.gob.ec	----	(07)2875452 Ext 1401

DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.)*:	FECHA:	
PANAMERICANA NORTE KM7 1/2		_____ FIRMA

11) ***DECLARACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA***

Declaro bajo juramento que la información proporcionada es verídica y que conozco que la comprobación de falsedad de la misma o de los documentos anexos, determinará el archivo de esta solicitud

NOMBRE*:	FECHA:	
CARLOS EDUARDO BARREDO HEINERT		_____ FIRMA

12) OBSERVACIONES:

13) ***PARA USO DE LA SNT***

SOLICITUD SECRETARIO NACIONAL ( )	CONSTITUCIÓN DE LA CIA. ( )	NOMB. REPRESENTANTE LEGAL ( )	CUMP. SUPER BANCOS O CIAS. ( )
REGISTRO UNICO CONTRIBUY. ( )	COMPROBANTE DEL 1/1000 ( )	ANTEPROYECTO TÉCNICO ( )	COPI A LICENCIA PROFESIONAL ( )
COPIA CARACTERISTICAS MEDIOS FISICOS DE TRANSMISION ( )	COPIA CONTRATOS CON PORTADOR ( )	C. SUPTEL ( )	
COPIA DE ESCRITURAS PROPIEDAD ( )	COPIAS CONTRATOS DE ARREND. ( )	OTROS {AGUA,LUZ,IMP.PREDIAL} ( )	

Fuente: ARCOTEL

Tabla 26 : Formulario de información técnico para solicitar permiso de red privada ST - 2A

	FORMULARIO DE INFORMACIÓN TECNICO PARA SOCILITAR PERMISOS DE RED PRIVADA	**ST– 2A** Elab.: DGGST

2) ***CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA (SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA)***

PUNTO A PUNTO (**X**) PUNTO A MULTIPUNTO ( )

3) ***COBERTURA (*** *Provincias, ciudades o poblaciones que cubre el sistema solicitado)**

Azuay, Pucará, Parroquia Chilcaplaya

4) ***CARACTERISTICAS DEL SISTEMA (SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA, SERVICIO FIJO MÓVIL POR SATÉLITE, COBRE Y/O FIBRA ÓPTICA)****

No. ESTACIONES	No. REPETIDORES	No. ENLACES FISICOS		ENLACES INALAMBRICOS		No. TOTAL DE ENLACES
		COBRE	FIBRA OPTICA	FIJO MÓVIL POR SATELITE	MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA	
2	0	0	1	0	0	1

5) ***FORMULARIOS QUE SE DEBEN ADJUNTAR***

SISTEMA DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)

FORMULARIO RC-1B FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL	( )
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS	( )
FORMULARIO RC-9A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (ENLACES PUNTO-PUNTO)	( )
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	( )
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO	( )
FORMULARIO RC-9B FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (SISTEMA PUNTO-MULTIPUNTO	( )
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI	( )

SERVICIO FIJO MOVIL POR SATÉLITE (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)

FORMULARIO RC-1A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL	( )
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS	( )
FORMULARIO RC-11A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS FIJO POR SATÉLITE	( )
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA	( )
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO	( )
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI	( )

Fuente: ARCOTEL

Tabla 27: Registro para la ampliación y modificación de la infraestructura del permiso de operación de red privada

1 de 2

REGISTRO PARA LA AMPLIACIÓN Y MODIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL PERMISO DE OPERACIÓN DE RED PRIVADA

1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA AMPLIACIÓN Y MODIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

En el permiso de Operación de Red Privada, se ampliará y modificará el contenido de la infraestructura de transmisión de acuerdo al siguiente detalle:

1.1 UBICACIÓGEOGRÁFICA DE LAS INSTALACIONES A CONECTAR

No.	Tipo de instalación (Estación o Repetidora)	Provincia	Cantón	Nombre	Dirección	Latitud	Longitud	Observación
1	Estación	Azuay	Pucará	Campamento		-3° 19’ 6’’	-79° 34’ 46’’	
2	Estación	Azuay	Pucará	Subestación		-3° 18’ 37’’	-79° 35’ 52’’	
3								

2. INFRAESTRUCTURA

2.1 ENLACES INALAMBRICOS

SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA PUNTO – PUNTO

		Estación de Origen				Estación de Destino					
No. Enlace	Banda (MHz)	No. Ubicación	Tipo de antena	Ganancia (dBi)	Potencia Máxima de Salida	No. Ubicación	Tipo de antena	Ganancia (dBi)	Potencia Máxima de Salida	Enlace Propio o arrendado	Observaciones
1											
2											
3											

SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA PUNTO – MULTIPUNTO

		Estación de Origen				Estación de Destino					
No. Enlace	**Banda (MHz)**	**No. Ubicación**	**Tipo de antena**	**Ganancia (dBi)**	**Potencia Máxima de Salida**	**No. Ubicación**	**Tipo de antena**	**Ganancia (dBi)**	**Potencia Máxima de Salida**	**Enlace Propio o arrendado**	**Observaciones**
1											
2											
3											

2.2 ENLACES FISICOS

			Estación de Origen	**Estación de Destino**	
No. Enlace	**Medio de Transmisión**	**Ancho de Banda (Kbps)**	**No. Ubicación**	**No. Ubicación**	**Enlace Propio o arrendado**
1	Fibra Óptica	10000000	1	2	Propio
2					
3					

Fuente: ARCOTEL

Tabla 28: Enlaceces de red de transporte (SNT-P-000-RTF)

ENLACES DE RED DE TRANSPORTE (SNT-P-000-RTF)

RTT: Red de transporte física

ENLACES				CIUDAD	MEDIO DE TRANSMISIÓN	TECNOLOGIA	VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps)	OBSERVACIONES
NODO A		NODO B						
Código	Dirección	Código	Dirección					
1	Campamento	2	Subestación	Pucará	Fibra Óptica	Ethernet	10000000	

Fuente: ARCOTEL

Tabla 29: SNT-P-000A Registro de infraestructura física de toda la red

SNT-P-000A REGISTRO DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE TODA LA RED

REDES FÍSICAS

LLENAR LOS SIGUIENTES CUADROS CON LAS ESPECIFICACIONES DE LA F.O. Y/O DEL CABLE DE COBRE

CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA (F.O.) A UTILIZARSE	
TIPO DE FIBRA (MONOMODO/MULTIMODO)	MONOMODO
MATERIAL DE LA FIBRA (VIDRIO/PLASTICO)	VIDRIO
DIÁMETRO DEL NÚCLEO Y DEL REVESTIMIENTO (MULTIMODO)	
TIPO DE FIBRA MULTIMODO (ÍNDICE DE PASO / ÍNDICE GRADUAL)	
DIÁMETRO DEL CAMPO MODAL (MONOMODO) - MFD: mode field diameter.	8.6 – 9.5 um
PERFIL DEL ÍNDICE REFRACTIVO (MONOMODO)	
ATENUACIÓN TOTAL, COEFICIENTE DE ATENUACIÓN (perdidas en la fibra) (dB/Km)	0.4
ATENUACIÓN POR EMPALME (perdida por empalme) (dB)	0.2
NUMERO DE EMPALMES DEL ENLACE	1
LONGITUD DE ONDA DE OPERACIÓN (primera ventana-825 nm, segunda ventana-1310 nm y tercera ventana 1550 nm).	1310
ANCHO DE BANDA (Hz/Km)	
RECOMENDACIÓN DE LA U.I.T. QUE CUMPLE LA F.O.	G.652D

CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE F.O. A UTILIZARSE	
NUMERO DE FIBRAS QUE CONTIENE EL CABLE.	24
TIPO DEL CABLE (PARA INSTALACIÓN AÉREA, SUBTERRÁNEA, SUBMARINA, ETC)	Aérea
CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE F.O. (DEPENDE DEL FABRICANTE)	ADSS- Span 150m

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO TERMINAL DE LÍNEA DE TX / RX	
DISPOSITIVO EMISOR DE LUZ (DIODO EMISOR DE LUZ - LED / DIODO LÁSER - LD)	Láser
POTENCIA MEDIA DEL EMISOR (dBm)	-3.85
CARACTERÍSTICAS DEL EMISOR (DEPENDE DEL FABRICANTE)	
DISPOSITIVO DETECTOR DE LUZ (FOTODIODO PIN - FOTODIODO DE AVALANCHA APD - COMBINACIÓN DE UN APD Y UN FET (TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO))	PIN
SENSIBILIDAD DEL DETECTOR (dBm a una VTX)	-14.4
CARACTERÍSTICAS DEL DETECTOR (DEPENDE DEL FABRICANTE)	

CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE DE F.O.	
FORMATO DE TRANSMISIÓN DIGITAL (PDH, SDH,etc)	
PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	Ethernet
CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN (kbps)	10000000
DISPONIBILIDAD	100%
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS TERMINALES A Y B. (DIRECCIONES Y COORDENADAS)	**A.** -3° 19' 6'' -79° 34' 46'' **B.**-3° 18' 37'' -79° 35' 52''
LONGITUD DEL ENLACE (m)	4209
TIPO DE RESTAURACIÓN (BACK UP)	No

CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE COBRE A UTILIZARSE	
TIPO DE CABLE	
CARACTERÍSTICAS DEL CABLE (DEPENDE DEL FABRICANTE)	
ANCHO DE BANDA	
CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN	
ATENUACIÓN (pérdidas en el cable)	
TIPO DE INSTALACIÓN (AÉREA, SUBTERRÁNEA, SUBMARINA).	
DISPOSITIVOS O COMPONENTES DE TX/RX	
POTENCIA TRANSMITIDA.	
SENSIBILIDAD EN LA RECEPCION	
DISPONIBILIDAD	
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS TERMINALES A Y B. (DIRECCIONES Y COORDENADAS)	
LONGITUD DEL ENLACE (m)	
TIPO DE RESTAURACIÓN (BACK UP)	
NORMA PARA LA FABRICACIÓN DEL CABLE.	

Fuente: ARCOTEL

CONCLUSIONES

- En el proyecto se desarrolló una aplicación de software de fácil manejo que presenta un entorno gráfico amigable al usuario. Este aplicación Java se encarga de automatizar el proceso de diseño de un enlace óptico punto a punto, para esto se calcula el balance de potencia y ancho de banda que presentará nuestro sistema según los parámetros de ingreso que pide la aplicación, si los resultados son satisfactorios se puede guardar el diseño en un archivo PDF; caso contrario, se tiene la posibilidad de cambiar la selección de parámetros que fueron dados en un principio para llegar a garantizar el correcto funcionamiento del diseño. Otra característica de la aplicación es que la misma es capaz de graficar la ruta que sigue la fibra en un mapa real, y al posicionar el puntero en cualquier punto del enlace se visualiza la atenuación existente desde el inicio hasta esa ubicación.

- Se produce atenuación en los conectores, empalmes, en el cable de fibra óptica y además se considera una reserva de atenuación por kilómetro de instalación para posibles daños y reparaciones futuras.

- El diseño completo del enlace para la Central Minas-San Francisco se realizó utilizando la aplicación desarrollada en este trabajo. Una vez ingresados parámetros como: tipo de fibra, longitud de onda, longitud del enlace, entre otros, se obtiene un margen de potencia positivo y se verifica la capacidad requerida por la empresa que es de 10 Gbps, se toman como correctos los elementos seleccionados para el diseño y se procede con el análisis de costos unitarios para cada uno de los rubros de instalación.

- Luego de realizar una visita al lugar de instalación, se define el trayecto final por el cual se realizara el tendido del cable aéreo de fibra óptica y este trazado es presentado gráficamente junto con el lugar donde se colocara el empalme como parte del diseño. Con el precio unitario total de cada rubro y las cantidades a ejecutar se obtiene un presupuesto referencial para la construcción del enlace.

- Se describe el proceso necesario para registrar un enlace físico de fibra óptica ante la ARCOTEL y se obtienen todos los requisitos a ser presentados. Dentro de los requisitos están oficios dirigidos al Director Ejecutivo de ARCOTEL, formularios que varían según el tipo de instalación y condiciones del sistema. Los oficios se desarrollaron basándose en solicitudes anteriores de CELEC ante la SENATEL y los formularios se llenaron con el asesoramiento de la Ingeniera Ana Piedra, funcionaria de la ARCOTEL.

RECOMENDACIONES

- Con el fin de diseñar un enlace de comunicaciones, utilizando como medio de transmisión fibra óptica se deben considerar dos parámetros: la atenuación y la capacidad de transmisión requerida.

- Para garantizar que la atenuación no afecte el tráfico de información se realiza un balance de potencias, en este se resta de la potencia del transmisor todas las atenuaciones que se producen en un enlace óptico y se verifica que la potencia de llegada al punto de destino sea mayor a la sensibilidad del receptor.

- En el cálculo de la dispersión total que se produce en un enlace óptico, se debe considerar el tipo de fibra con la que se trabaja; una fibra monomodo se ve afectada por dispersión cromática y dispersión por modo de polarización; en cambio, una fibra multimodo se ve afectada fundamentalmente por la dispersión modal.

- Para asegurar que el sistema soportara la capacidad en bits por segundo deseada, se calcula el período de bit que presentaría la transmisión de la señal y se verifica que la dispersión total producida no sea mayor al 35% del periodo de bit para una transmisión NRZ o al 70% en una transmisión RZ.

BIBLIOGRAFÍA

BRAVO, Cynthia. Simulador de Enlace de Fibra Óptica Punto a Punto usando Interfaz Gráfica de Matlab. Ecuador. Tesis de Grado Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2012.

CHOMYCZ, Bob. Instalaciones de fibra óptica: fundamentos, técnicas y aplicaciones. McGraw-Hill / Interamericana de España. 2002.

CHACHA, Julio. Estudio de la Tecnología Ethernet sobre SDH y Pruebas de Canalización utilizando multiplexores. Trabajo de Grado Escuela Politécnica Nacional. 2010.

COIMBRA, E. Transmisión de datos por fibra óptica. [Consulta: 24 de enero de 2015]. Disponible en: http://es.slideshare.net/edisoncoimbra/82-transmision-de-datos-por-fibra-ptica.

CRT. Corporación de Recursos en Telecomunicaciones Ltda. Cables Ópticos/Soterrado. [Consulta: 24 de febrero de 2015]. Disponible en: http://www.crttele.com/productos/cables-opticos/soterrado/soterrado-simple-armado-simple-chaqueta.html.

ECURED. Fibra Óptica [en línea]. [Consulta: 20 de febrero de 2015]. Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Fibra_%C3%B3ptica .

FREEMAN, Roger. Fundamentals of Telecommunications. John Wiley & Sons, Inc.1999.

HUAWEI. Distribuidor Óptico ODF [en línea]. [Consulta: 24 de marzo de 2015]. Disponible en: http://www.huawei.com/co/products/fixed-access/fttx/odn/odf/ .

ITU – T (Unión Internacional de Telecomunicaciones). Recomendaciones de la serie G. [Consulta: 5 de febrero de 2015]. Disponible en: http://www.itu.int/rec/T-REC-G/s .

MARTÍN, Víctor. SFP Óptico. [Consulta: 06 de marzo de 2015]. Disponible en: http://vam-comunicaciones-ferroviarias.blogspot.com/2012/11/que-es-un-sfp-optico.html .

NEMESIS. Tutorial de Comunicaciones Ópticas [en línea]. [Consulta: 10 de abril de 2015]. Disponible en: http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/tema1_5_1.htm.

PEREDA, José A. Sistemas y redes ópticas de comunicaciones. Pearson Educación. 2004.

PINTO, Ricardo. Sistemas de Comunicaciones Ópticas (Monografía). Universidad Militar Nueva Granada. 1ra Edición. 2014.

ROMÁN, Roberto. Diseño de la ampliación de la red de comunicación de Emelnorte utilizando Fibra Óptica y Tecnología Inalámbrica. Ecuador. Trabajo de Grado Escuela Politécnica Nacional. 2010.

SENIOR, John. Optical Fiber Communications, Principles and Practice. Prentice Hall. Third Edition. 2009.

SOTO, Christian. Elaboración de un Manual de Procedimientos para la Presentación de Proyectos de Redes de Fibra Óptica en Planta Externa para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT S.A.. Ecuador. Trabajo de Grado Escuela Politécnica Nacional. 2010.

TEXTOS CIENTÍFICOS. Empalmes y Conexión de Fibras Ópticas [en línea]. [Consulta: 13 de abril de 2015]. Disponible en: http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/empalmes-conexiones.

TELEFONICA DE PEREIRA. Normas de Construcción e Instalación de Fibras Ópticas [en línea]. [Consulta: 18 de abril de 2015]. Disponible en: http://www.etp.com.co/etp/media/Normasfibra.pdf.

The Fiber Optic Association, Inc. Guía de referencia sobre Fibra Óptica [en línea]. [Consulta: 20 de marzo de 2015]. Disponible en: http://www.thefoa.org/ .

WIKILIBROS. Planificación y Administración de Redes/Tema 3/Medios cableados. [Consulta: 24 de febrero de 2015]. Disponible en: http://es.wikibooks.org/w/index.php?title=Planificaci%C3%B3n_y_Administraci%C3%B3n_de_Redes/Tema_3/Medios_cableados&oldid=238519.