



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

Diseño de una red de respaldo de fibra óptica al sistema de monitoreo SCADA para las subestaciones eléctricas de CNEL EP en la ciudad de Babahoyo.

AUTOR:

Velasco Burbano, Javier Andrés

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

Ruilova Aguirre, María Luzmila

Guayaquil, Ecuador

16 de marzo del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Velasco Burbano, Javier Andrés** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

Ruilova Aguirre, María Luzmila

DIRECTOR DE CARRERA

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 16 del mes de marzo del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Velasco Burbano, Javier Andrés**

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación “**Diseño de una red de respaldo de fibra óptica al sistema de monitoreo SCADA para las subestaciones eléctricas de CNEL EP en la ciudad de Babahoyo**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 16 del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR

VELASCO BURBANO, JAVIER ANDRÉS



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACIÓN

Yo, Velasco Burbano, Javier Andrés

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Diseño de una red de respaldo de fibra óptica al sistema de monitoreo SCADA para las subestaciones eléctricas de CNEL EP en la ciudad de Babahoyo”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 16 del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR

VELASCO BURBANO, JAVIER ANDRÉS

Reporte de Urkund

URKUND

Documento	TESIS.docx (D25975257)
Presentado	2017-02-23 11:20 (-05:00)
Presentado por	javierandresv@hotmail.com
Recibido	edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	Tesis Finalizada Mostrar el mensaje completo 2% de esta aprox. 27 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 5 fuentes.

Lista de fuentes	Bloques
Categoría	Enlace/nombre de archivo
+	cinthia tesis.docx <input type="checkbox"/>
+	Formato TT CORREGIDO 1.docx <input type="checkbox"/>
+	Reyes Cristhian FINAL.docx <input type="checkbox"/>
+	ProyectoTitulacionEscalante.docx <input type="checkbox"/>
+	http://www.alebentelecom.es/servic... <input checked="" type="checkbox"/>
+	http://www.emb.cl/electroindustria/... <input type="checkbox"/>

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA

PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:
Diseño de una red de respaldo de fibra óptica al sistema de monitoreo SCADA para las subestaciones eléctricas de CNEL EP en la ciudad de Babahoyo.

AUTOR: Velasco Burbano, Javier Andrés

0 Advertencias

Dedicatoria

Dedico este proyecto con todo mi corazón a mis padres y hermanos, sin ellos esto no hubiese sido posible, gracias por ser mi mayor fuente de inspiración y ejemplos de vida. A todos mis familiares, abuelitas, tíos, tías, primos, primas y amigos porque a lo largo de estos últimos seis años han estado presentes siempre, demostrándome cuán importante soy en sus vidas y cuanto se han preocupado por mí.

Es un gran honor dedicarles todo mi esfuerzo, tiempo y dedicación que puse en este proyecto a todos ellos, porque cada uno ocupa un lugar especial en mi corazón, el mismo que se ha convertido en respeto y gratitud.

Javier Andrés Velasco Burbano.

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por bendecirme durante estos seis años de estudio. Agradezco infinitamente a mis padres Julio y Nelly, ellos fueron, son y serán el pilar fundamental que tengo para mantenerme firme, gracias a ellos he llegado a convertirme en un hombre de bien teniendo siempre presente los principios que me inculcaron. A mis hermanos Ángel, por bendecirme desde el cielo y cuidarme durante cada paso dado, y David; por su compañía y apoyo constante. A mis madrinas Melba y Pamela, por estar siempre presente en mi vida y darme palabras de aliento en los momentos más difíciles. Un agradecimiento especial para el señor Felipe Crespo que en paz descansa, por haber sido una de las personas que no dudó nunca en extenderme su mano, muchas gracias tío por todo lo que hizo por mí, siempre lo llevaré en mi corazón. A mis abuelitas, sus bendiciones fueron fortaleza en mi corazón. A mis tías, tíos, primos y primas por hacerme entender que con constancia y perseverancia todo se puede lograr. También expreso todo mi agradecimiento a mi tutora, la Ing. Luzmila Ruilova, por ser una excelente docente y amiga, gracias por confiar en mí y brindarme parte su valioso tiempo e instruirme con sus amplios conocimientos para la realización de este proyecto. A mis amigos, por esos momentos compartidos que serán inolvidables, especialmente a mis amigos Nerea Ubilla, Joselyne Beltrán y Raphael Jiménez, ustedes dejaron una enorme huella en mi corazón que nunca se borrará, sin duda alguna Dios los puso en mi camino para conocer el verdadero valor de la amistad.

Javier Andrés Velasco Burbano.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

RUILOVA AGUIRRE, MARÍA LUZMILA
TUTOR

HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE CARRERA

PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO
COORDINADOR DE TITULACIÓN

Índice General

Índice de Figuras	XII
Índice de Tablas	XIV
Resumen.....	XV
Abstract	XVI
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	2
1.1. Introducción	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Justificación del problema.....	4
1.4. Definición del problema.....	4
1.5. Objetivos del problema de investigación	5
1.5.1. Objetivo general	5
1.5.2. Objetivos específicos	6
1.6. Hipótesis.....	6
1.7. Metodología de investigación	6
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
2.1. Sistema de telecomunicaciones	8
2.1.1. Enlaces	8
2.1.2. Nodos	9
2.2. Red de acceso	9
2.3. Fibra óptica.....	10
2.3.1. Composición de la fibra óptica	11
2.3.2. Fibra monomodo	13
2.3.3. Fibra multimodo.....	14
2.3.4. Conectores.....	14
2.3.5. Atenuación de la fibra óptica	16
2.4. Fibra G-652	16

2.5.	Topologías de red	17
2.5.1.	Topología anillo	18
2.5.2.	Topología estrella.....	19
2.6.	Optical Distribution Frame (ODF).....	20
2.6.1.	Tipos de ODFs	21
2.6.2.	Selección de un ODF	22
2.7.	Pozos de canalización.....	24
2.8.	Tendido de cable	24
2.9.	Procedimiento de tendido de cable.....	24
2.9.1.	Tendido de cable manual.....	25
2.9.2.	Instalación por tramos	25
2.10.	Tapones de anclaje y sellado	26
2.11.	Empalmes	26
2.11.1.	Empalmes por fusión	27
2.11.2.	Empalmes mecánicos	28
2.12.	Ancho de banda.....	28
2.13.	Telefonía IP	28
2.13.1.	Principales ventajas de la Telefonía IP.....	29
2.13.2.	Principales desventajas de la Telefonía IP	30
2.13.3.	Terminales utilizados en llamadas VoIP	31
2.14.	Subestación eléctrica	33
2.15.	Sistema SCADA.....	34
2.15.1.	Funciones principales de SCADA.....	35
2.15.2.	Requisitos de un sistema SCADA	35
2.15.3.	Arquitectura de un sistema SCADA.....	36
CAPÍTULO 3: SIMULACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS		39
3.1.	Introducción	39

3.2.	Diseño de una red de fibra óptica.....	39
3.2.1.	Tendidos de fibra óptica aérea y subterránea.....	40
3.2.2.	Instalación de postes	42
3.2.3.	Estudio de disponibilidad de pozos.....	43
3.2.4.	Características de las subestaciones eléctricas de la ciudad de Babahoyo	44
3.2.5.	Mapas topográficos del recorrido de la fibra óptica para cada subestación	45
3.3.	Tipo de topología de red usada en el diseño	53
3.4.	Calculación de empalmes en los enlaces.....	54
3.5.	Arquitectura de los nodos de cada subestación eléctrica	55
3.6.	Tipo de servicios y ancho de banda de la red de respaldo	56
3.7.	Presupuesto óptico: posibles pérdidas en la red de respaldo.....	57
3.8.	Instalación de UPS o banco de baterías para cada punto de enlace	60
3.8.1.	Selección de un sistema UPS o banco de baterías	60
3.9.	Esquematación del diseño de red de respaldo al sistema SCADA.....	61
3.10.	Aportación de la red a la confiabilidad de CNEL EP	62
3.11.	Análisis presupuestario	62
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		65
4.1.	Conclusiones	65
4.2.	Recomendaciones	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		67
ANEXOS		71

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2. 1: Elementos del cable de fibra óptica.....	11
Figura 2. 2: Los fenómenos refracción y reflexión en una fibra óptica.	13
Figura 2. 3: Conector ST para fibra óptica.....	14
Figura 2. 4: Conector SC para fibra monomodo.....	15
Figura 2. 5: Pequeño conector LC para fibra óptica.	15
Figura 2. 6: Conector FC común para fibra óptica.....	16
Figura 2.7: Topología Anillo.....	18
Figura 2.8: Topología Estrella.....	19
Figura 2.9: ODF montado a pared.....	21
Figura 2.10: ODF montado a bastidor.	22
Figura 2.11: Instalación de cable canalizado y manejo durante el tendido.....	25
Figura 2.12: Fusionadora de fibra óptica.	27
Figura 2.13: Teléfono IP.	31
Figura 2.14: Adaptador IP ATA.....	32
Figura 2.15: Software SOFTPHONE.....	32
Figura 2.16: Subestación eléctrica.	33
Figura 2.17: Esquema de un sistema SCADA implementado.	34
Figura 2.18: Estructura básica de un sistema de supervisión y mando.....	37
Figura 2.19: Diseño básico de una sistema SCADA.....	37

Capítulo 3

Figura 3. 1: Ubicación de las subestaciones eléctricas en la ciudad de Babahoyo. ...	40
Figura 3. 2: Orden de las líneas colocadas en poste.....	41
Figura 3. 3: Instalación de postería en suelo no firme.	43
Figura 3. 4: Disponibilidad de ductos en pozos regenerados en Babahoyo.....	44
Figura 3. 5: Salida de la fibra del Centro de Operaciones.	46
Figura 3. 6: Cambio de la ruta de fibra óptica de aérea a subterránea en la calle Pedro Carbo.....	46
Figura 3. 7: Recorrido de la fibra en la intersección de las calles Eloy Alfaro y 5 de junio.	47

Figura 3. 8: Recorrido de la fibra subterránea hasta la calle Eloy Alfaro.....	48
Figura 3. 9: Unión de la fibra con los pozos regenerados de la 5 de junio.	48
Figura 3. 10: Recorrido de la fibra perteneciente a la subestación Centro Industrial.	49
Figura 3. 11: Continuación de recorrido de la fibra de la subestación Centro Industrial.	50
Figura 3. 12: Recorrido de la fibra óptica para la subestación Nelson Mera.	50
Figura 3. 13: Recorrido de la fibra óptica por el puente sobre el rio San Pablo.	51
Figura 3. 14: Recorrido de la fibra óptica para la subestación Terminal Terrestre....	52
Figura 3. 15: Tramo subterráneo en la avenida principal.....	52
Figura 3. 16: Interconexiones con topología estrella para las redes.	53
Figura 3. 17: Arquitectura de nodo en cada subestación eléctrica.	55
Figura 3. 18: Esquema final del diseño de red de respaldo de fibra óptica al sistema SCADA.	61

Índice de Tablas

Capítulo 2

Tabla 2. 1: Comparación de velocidades de medios de transmisión.....	9
Tabla 2. 2: Ejemplos de tapones de anclaje y sellado.	26

Capítulo 3

Tabla 3. 1: Diferencias entre tendidos de fibra aéreo y subterráneo.....	41
Tabla 3. 2: Coordenadas de las subestaciones eléctricas de Babahoyo.	45
Tabla 3. 3: Distancias de las rutas entre el Centro de Operaciones y las subestaciones eléctricas.....	54
Tabla 3. 4: Número de empalmes para cada enlace.	55
Tabla 3. 5: Suma total de distancias de los puntos para cantidad de cable de fibra óptica.	58
Tabla 3. 6: Calculo de presupuesto óptico de la red de respaldo.	59
Tabla 3. 7: Costo total del tendido de la fibra aérea y canalizada para cada subestación.	63
Tabla 3. 8: Costo de los elementos que componen el diseño de red de fibra óptica..	64

Resumen

El presente proyecto de titulación abarca la realización del diseño de una red de fibra óptica, que sirva como respaldo al sistema de monitoreo SCADA que opera dentro del Centro de Operaciones de la empresa eléctrica CNEL EP en la ciudad de Babahoyo.

Este diseño se ofrece como opción a las subestaciones eléctricas Centro Industrial, Nelson Mera y Terminal Terrestre que actualmente poseen un enlace no redundante y que no garantiza el servicio continuo de comunicación para la entidad pública.

En el primer capítulo de este proyecto se presenta la introducción al mundo de las telecomunicaciones, se detalla esencialmente la problemática que posee la actual red de comunicación y los objetivos enfocados a la solución de la misma. Así mismo, el segundo capítulo engloba todo fundamento teórico necesario para el entendimiento de lo manifestado. El tercer capítulo, presenta todo el diseño de la red de respaldo con sus elementos, rutas de tendido de fibra óptica aéreo y subterráneo realizadas con los mapas de Google Earth, arquitecturas de los nodos de comunicación, servicios transmitidos a través de la red con su respectivo ancho de banda, esquemas y presupuestos. Por último, el cuarto capítulo comprende de las conclusiones y recomendaciones que se deberían tomar para la implementación del trabajo realizado.

Palabras claves: FIBRA ÓPTICA, SCADA, REDUNDANCIA, NODOS, SUBESTACIÓN ELÉCTRICA, RED, RESPALDO.

Abstract

This project of degree covers the realization of an optical fiber networks design, which serves as a backup to the SCADA monitoring system that operates within the Operations Center of the CNEL EP electric company in Babahoyo city.

This design is offered as an option to Electrical substations Centro Industrial, Nelson Mera and Terminal Terrestre) which currently have a non-redundant link and does not guarantee the continuous communication service for the public entity.

In the first chapter of this project presents the introduction to the world of telecommunications, it essentially describes the problems of the current communication network and the objectives focused on the solution of the same. In the same way in the second chapter includes all theoretical grounds necessary for the understanding of the manifested. The third chapter presents the entire design of the back-up network with its elements, aerial and underground fiber-optic routes made with Google Earth maps, architectures of communication nodes, services transmitted over the network with its Respective bandwidth, schemas and budgets. Finally, the fourth chapter comprises of the conclusions and recommendations that should be taken for the implementation of the work carried out.

Keywords: OPTICAL FIBER, SCADA, REDUNDANCY, NODES, ELECTRICAL SUBSTATION, NETWORK, BACKUP.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

En los últimos años las telecomunicaciones se han convertido en una gran aportación a las comunicaciones, han alcanzado un alto nivel muy importante en el Ecuador lo cual ha permitido que los usuarios gocen de todo este avance tecnológico logrando realizar diversos trabajos con resultados eficientes que han ayudado a aportar positivamente al país.

Los enlaces de comunicaciones actualmente son un método clave para la transmisión de información y datos entre dos o más puntos. La ventaja que estas nuevas tecnologías nos han permitido es establecer estos tipos de enlaces en diversas partes; tal es el caso de quererlo hacer en entidades públicas para mejorar gran parte del trabajo del sistema eléctrico a base de un sistema de monitoreo llamado SCADA. El objetivo de este sistema es que el suministro eléctrico sea seguro para los consumidores, realizando monitoreos teniendo el control de las distribuciones eléctricas en tiempo real.

Este proyecto refleja el diseño de todos los componentes necesarios para realizarlo, desde un estudio de campo hasta un cálculo de presupuesto. Todo a base de una investigación amplia donde se analizarán puntos precisos.

1.2. Antecedentes

Ha medida que ha ido pasando el tiempo la fibra óptica ha logrado convertirse en el medio de transmisión más importante en el Ecuador, lo cual ha permitido que las empresas públicas como es el caso de la Corporación Nacional de Electricidad - CNEL EP utilicen este medio de transmisión en sus sistemas de comunicaciones.

Tras el análisis realizado en los tres enlaces existentes contratados con la Corporación Nacional de Telecomunicaciones en las subestaciones eléctricas Terminal Terrestre, Nelson Mera y Centro Industrial en la ciudad de Babahoyo, se obtuvo que la principal desventaja es que no cuentan con un enlace redundante que garantice la continuidad de comunicación que se utiliza para el sistema de monitoreo SCADA.

Actualmente, existe un banco de baterías en las instalaciones de CNT EP. Mediante pruebas realizadas desde el Centro de Operaciones de la empresa eléctrica cuando surgían fallas en tiempo real en la ciudad de Babahoyo, se determinó que los enlaces de comunicaciones de las subestaciones presentaban niveles bajos de señal.

La respuesta a este análisis, fue que la empresa de telecomunicaciones posee nodos que no cuentan con infraestructuras de backup mejoradas, por lo tanto, seguirían las posibilidades de no obtener respuestas inmediatas.

1.3. Justificación del problema

Actualmente, la CNEL EP posee un servicio contratado por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones - CNT EP. Cada subestación eléctrica posee un solo enlace de comunicación.

En vista que se presentan diferentes tipos de problemas de comunicación en sus enlaces, que son comúnmente generadas por accidentes de tránsito, combustión de basura o comportamientos irresponsables de parte de los moradores, es preciso realizar un diseño de red de fibra óptica en cada una de las subestaciones eléctricas de la ciudad de Babahoyo, que sirva como respaldo para la continuidad del sistema de monitoreo SCADA. Dicho diseño brindará redundancia a cada uno de los enlaces, creando al mismo tiempo una red de comunicación propiedad de CNEL EP, evitando depender de terceros servicios.

El propósito de este proyecto es que sea considerado como una solución para la empresa, con el fin de que su sistema de comunicación pueda operar continuamente ante diferentes tipos de adversidades, manteniendo siempre la disponibilidad del servicio.

1.4. Definición del problema

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones posee una red de fibra óptica en estrella operando para CNEL EP, la misma que por su infraestructura no cumple con el SLA (Acuerdo de Nivel de Servicio) requerido para realizar el objetivo de

proveer una elevada disponibilidad del servicio de comunicación para los trabajadores de la empresa eléctrica.

La problemática es que CNT EP no garantiza la disponibilidad del servicio durante la ausencia de energía eléctrica aun teniendo un banco de baterías y de un UPS en su central principal. De nada sirven todos estos recursos mencionados, si la empresa no ha mejorado la infraestructura de respaldo en algunos de sus nodos.

Por otro lado, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones no se encuentra totalmente preparada para suplir la caída de sus servicios al no tener un enlace de respaldo redundante. Todos estos puntos establecidos causan cierta desventaja en el sistema de comunicación, esa es la razón por la que se busca diseñar una nueva red que garantice la continuidad y fiabilidad del sistema de monitoreo SCADA.

1.5. Objetivos del problema de investigación

1.5.1. Objetivo general

Diseñar una red de fibra óptica que sirva como respaldo para mejorar la fiabilidad del sistema SCADA hacia el centro de control, donde toda la información sea monitoreada para ganar redundancia entre las subestaciones y evitar pérdidas de comunicación que involucren fallas en el sistema eléctrico.

1.5.2. Objetivos específicos

- Crear una red de fibra óptica independiente para el beneficio del sistema eléctrico de CNEL EP.
- Analizar las ubicaciones de las subestaciones Terminal Terrestre, Nelson Mera y Centro Industrial en la ciudad de Babahoyo para el tendido de la fibra óptica.
- Estudiar los elementos que participan en el diseño de una red de fibra.
- Garantizar la confidencialidad de información de CNEL EP.
- Asegurar que la continuidad y redundancia del sistema SCADA sea 24/7 durante los trescientos sesenta y cinco días del año.

1.6. Hipótesis

Este proyecto refleja la intención de plantear una solución creando un diseño de red de fibra óptica que sirva como respaldo a un sistema de monitoreo llamado SCADA con el fin de tener redundancia, fiabilidad y continuidad en los servicios de comunicación de la Corporación Nacional de Electricidad. El estudio del presente trabajo permitirá crear un enlace de comunicación independiente entre las subestaciones eléctricas Terminal Terrestre, Nelson Mera y Centro Industrial de la ciudad de Babahoyo, del cual no solo se beneficiará la empresa y sus trabajadores, sino también los clientes que recibirán un mejorado servicio eléctrico.

1.7. Metodología de investigación

La recopilación de información que se ha hecho en el presente proyecto, se origina de una investigación cuantitativa, ya que plasma minimizar el número de incidencias, diseñando la creación de un enlace de fibra óptica que conectaría a cada

una de las subestaciones eléctricas mejorando el sistema SCADA. Todo esto parte de una metodología deductiva, ya que todo lo estudiado es raíz de verdades anteriormente determinadas como principios generales, para después poderlo aplicar a un tema individual y evidenciar su eficacia.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Sistema de telecomunicaciones

Una red de telecomunicaciones está compuesta de distintos medios que dan lugar a transmisiones y conmutaciones de información de un punto a otro. La infraestructura de un sistema posibilita diversas acciones para distribuir servicios de características diferentes.

Una red de telecomunicaciones debe; por lo general, consistir de dos partes importantes:

- Lugar donde se procesa las informaciones o datos que se van a transmitir (nodos).
- Medios que hacen que se efectúe la conexión entre los nodos (enlaces).

2.1.1. Enlaces

Un enlace se denomina a un medio físico por el cual se transmite información. Es de mucha importancia la presencia de un enlace en un sistema de comunicación, en donde sus características son las principales responsables en mantener la calidad de la señal que se va a recibir en su destino.

Existe un tipo de enlace que se encarga de guiar la señal desde su punto de origen hacia su punto de destino. Estos enlaces suelen ser cableados o inalámbricos, o una combinación de ellos. A continuación, se muestra la tabla 2.1 de velocidades de transmisión de estos tres medios.

Tabla 2. 1: Comparación de velocidades de medios de transmisión.

Tipo	Velocidad
Cobre	Hasta 4 Mbps
Coaxial	Hasta 500 Mbps
Fibra óptica	Hasta 2000 Mbps

Elaborado por: Autor.

2.1.2. Nodos

En una red de telecomunicaciones, los nodos hacen un papel parte importante, en ellos se pueden encontrar equipos que se utilizan en un sistema de comunicación. Estos equipos cumplen la tarea de procesar las señales que viajan por los enlaces.

Para los nodos existe un conjunto de normativas que permiten la detección de errores en las transmisiones de datos. Estas mismas normativas permiten al nodo que se efectúe una retransmisión del mismo mensaje hasta que llegue a su destino final.

Las telecomunicaciones son valoradas básicamente por todos los beneficios que se brindan a través de sus redes. Son los usuarios mismos los que disponen de estos servicios, y son ellos los que toman la decisión de qué tipo de información van a transmitir. Por ejemplo, los abonados pueden hacer uso de una red telefónica, ya sea a distancias locales (llamadas nacionales) o largas distancias (llamadas internacionales).

2.2. Red de acceso

Cuando se habla de redes de acceso, se hace referencia a un segmento de una red general de telecomunicaciones. Ese mismo acceso permite al usuario conectarse con

algún proveedor de múltiples servicios. El acceso ocupa un lugar importante cuando se mencionan avances tecnológicos, ya que se pueden desplegar nuevos servicios y redes de grandes anchos de banda.

Las redes de acceso más conocidas según Manuel F. Barcell son:

- xDSL.
- WLL (Wireless Local Loop).
- Acceso por satélite.
- PLC (Power Line Communication).
- Y redes de fibra óptica

(Fernandez Barcell, 2016).

2.3. Fibra óptica

“La fibra óptica se convierte en un elemento interesante porque toma un significado muy antiguo, que es la manipulación de la luz, no es otra cosa más que eso, la manipulación controlada de la luz. Si nos remontamos a la historia, los mismos egipcios eran los que controlaban la luz por medio del uso de espejos, así iluminaban dentro de las increíbles pirámides. ¿Precursores de la fibra óptica?” (ALEBEN, 2013).

El medio de transmisión fibra óptica, es un delgado hilo hecho de vidrio transparente que sirve principalmente para enviar datos o información por medio de pulsos de luz. Este medio es utilizado comúnmente en el área de las telecomunicaciones, el cual permite que grandes cantidades de datos sean puedan ser

enviadas a largas distancias. Actualmente, la fibra óptica es el medio de transmisión más avanzado, ya que diversas ventajas lo ponen por encima de todos, una de ellas es tener inmunidad ante interferencias electromagnéticas.

2.3.1. Composición de la fibra óptica

La composición de la fibra óptica detallará algunas ventajas y desventajas que este posee, teniendo también una amplia visión global de este importante medio de transmisión.

La siguiente figura 2.1 se toma como referencia para mostrar cómo está normalmente compuesto este cable, detallando sus elementos exteriores e interiores y sus funcionalidades.

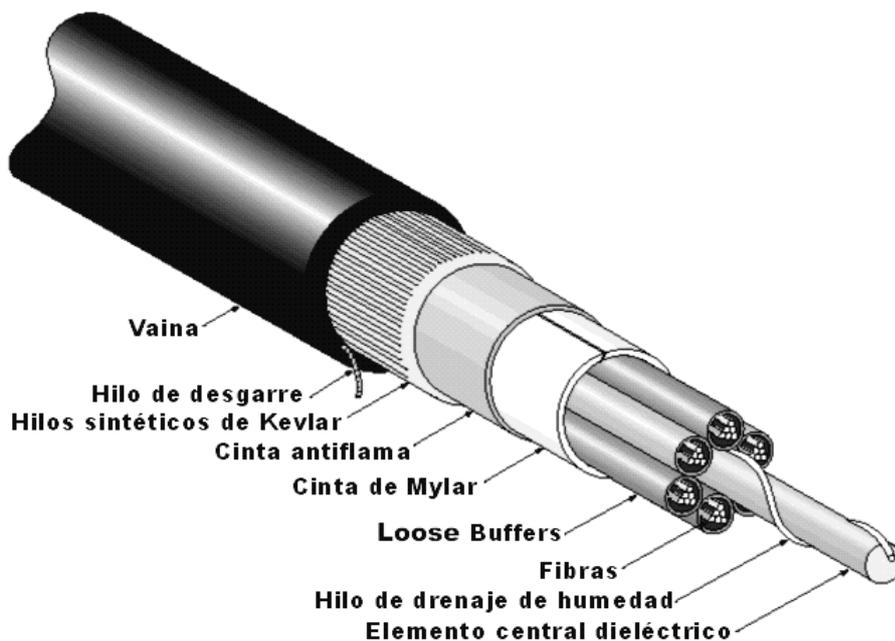


Figura 2. 1: Elementos del cable de fibra óptica.

Fuente: (ALEBEN, 2013).

A continuación, se muestra el listado de los elementos que conforman la fibra óptica, así como también el significado detallado de cada uno de ellos.

- **Elemento central dieléctrico:** Es un hilo dieléctrico que sirve de ayuda a la firmeza del cable.
- **Hilo de drenaje de humedad:** Tiene como finalidad expulsar la humedad para que el resto de cable esté libre de ello.
- **Fibras:** Considerada la parte más importante; es el medio por el cual se transmite toda la información, en él se producen la reflexión y refracción. La calidad de las fibras depende de que esté libre de esas impurezas que provocan el desvío de la luz, haciendo que la información no llegue a su destino.
- **Loose buffers:** Es un tubo cuya función es cubrir toda la fibra, para evitar la dispersión de los rayos de luz hacia afuera del cable.
- **Cinta de Mylar:** Es una fina capa de poliéster que simplemente hace el papel de aislante.
- **Cinta antinflama:** Ayuda a proteger a todo el cable de altas temperaturas.
- **Hilos sintéticos de Kevlar:** Se encargan de mantener la firmeza del cable, soportando los estiramientos de sus hilos.
- **Hilo de agarre:** Ayudan a la resistencia de la fibra.
- **Vaina:** Es la capa exterior principal que suministra aislamiento y densidad a todo lo que se encuentra en el interior.

(ALEBEN, 2013).

Luego de saber la composición de la fibra, se debe conocer su funcionamiento. Sin funcionamientos matemáticos, es necesario detallar los dos fenómenos que hacen que se efectúe la transmisión de datos por medio de esta tecnología. Estos principios, mostrados en la figura 2.2, son:

- **Refracción:** es cuando las ondas cambian de dirección mientras van de un medio a otro. Para una mejor explicación, el más claro ejemplo cuando se mete una cuchara dentro de un vaso con agua dando la apariencia como si la cuchara se desplaza.
- **Reflexión:** es también cuando las ondas cambian de dirección, con la diferencia que van hacia el origen. Por ejemplo, cuando una persona se refleja en un espejo, sin aquella reflexión sería imposible verse.

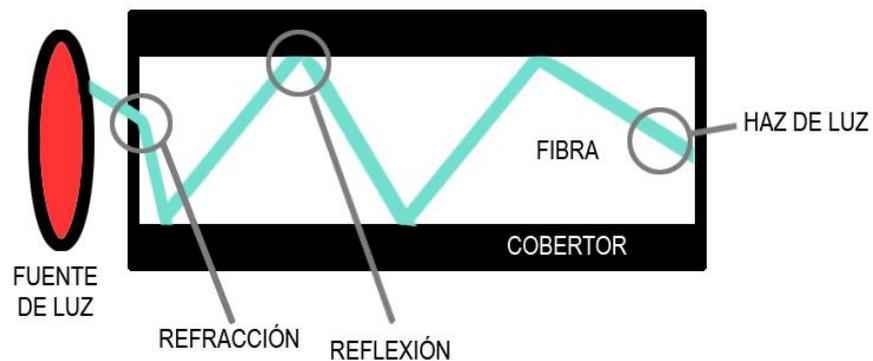


Figura 2. 2: Los fenómenos refracción y reflexión en una fibra óptica.
Elaborado por: Autor.

2.3.2. Fibra monomodo

Existen dos tipos de fibra, y se los agrupa porque son diferentes en cómo se transmite la luz en la fibra. Por el interior de la fibra monomodo, se transmite solo un haz de luz y tiene como alcance de hasta 20 kilómetros.

2.3.3. Fibra multimodo

Por medio de una fibra multimodo, es posible transmitir varios haces de luz, teniendo como ventaja de ser más barato y facilidad en su instalación, pero poseen cortas distancias de propagación de entre 2 a 3 kilómetros.

2.3.4. Conectores

Actualmente existen muchos tipos de conectores que son utilizados para las terminaciones y comunicaciones de fibra óptica. Pero a continuación se describirán los más usados en el mercado.

- **ST (Punta recta)**

Este conector, mostrado en la figura 2.3, es el más utilizado especialmente para las terminaciones de fibras multimodo ya sean en sistemas de seguridad o en edificios.

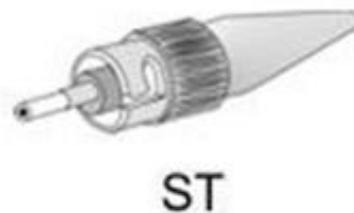


Figura 2. 3: Conector ST para fibra óptica.
Fuente: (ALEBEN, 2013).

- **SC (Conector de suscriptor)**

Es un conector utilizado comúnmente en instalaciones monomodo para transmisión de datos y se lo muestra en la siguiente figura 2.4.

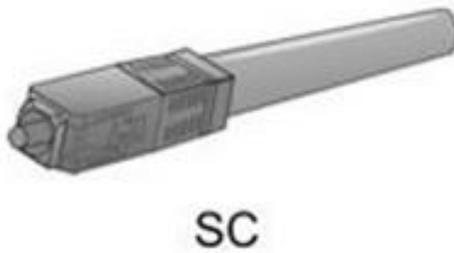


Figura 2. 4: Conector SC para fibra monomodo.

Fuente: (ALEBEN, 2013).

- **LC (Conector pequeño)**

Es el conector más sofisticado con respecto a su pequeño tamaño, como se observa en la figura 2.5, utilizado en transmisiones de gran densidad de datos, así como también en transceivers, clústers, servers y otros equipos de comunicación.

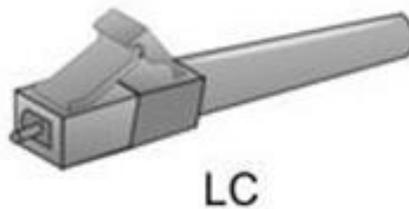


Figura 2. 5: Pequeño conector LC para fibra óptica.

Fuente: (ALEBEN, 2013).

- **FC (Conector férula)**

En la figura 2.6 se observa conector que más se usa en las telecomunicaciones, esencial para las transmisiones de datos y para equipos que trabajan en mediciones, por ejemplo, OTDR.

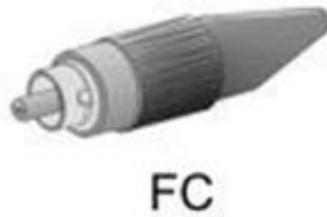


Figura 2. 6: Conector FC común para fibra óptica.
Fuente: (ALEBEN, 2013).

2.3.5. Atenuación de la fibra óptica

La atenuación es el fenómeno que provoca la pérdida de potencia de una señal óptica. Existen dos factores que provocan atenuaciones, la absorción y la dispersión; ambas hacen que una señal se atenúe.

Las pérdidas por absorción son debido a presencia de impurezas, que pueden ser iones metálicos o níquel variado. Estas impurezas actúan absorbiendo la luz y la convierte en calor. Las pérdidas por dispersión se hacen presentes como reflexiones, por las irregularidades que pasó el cable en el momento de su fabricación. A medida que los rayos de luz viajan por el cable, se encuentran con impurezas causando que la luz se disperse.

2.4. Fibra G-652

El tipo de fibra G-652 es utilizado en cables ópticos. Es una fibra monomodo desplazada con dispersión no nula y posee un núcleo de vidrio, revestimiento de vidrio y cubierto de capas dobles de acrílico. Este tipo de fibra está mejorada para que funcione en la ventana de transmisión de 1550 nm. Tiene una completa compatibilidad con conectores que están disponibles comercialmente, y pueden ser empalmados con

otras fibras monomodo por lo cual son ideales para redes de largas distancias, video, datos o telefonía IP.

Esta dispersión no nula reduce las apariciones de fenómenos no lineales que son perjudiciales normalmente en sistemas DWDM (Multiplexado Compacto por División en Longitudes de Onda).

2.5. Topologías de red

La topología es un término que se puede analizar a las diferentes formas que pueden estar conectados los nodos mediante la creación de redes de comunicación. Las redes de comunicaciones se forman por nodos, enlaces y equipos terminales. En el momento que se tome la decisión de construir una red con cierta topología, se deben tomar en cuenta ciertos factores importantes como, por ejemplo:

- Inversión.
- Distribución de equipos.
- Trafico de red.
- Costo.

Las topológicas comúnmente usadas son:

- Anillo.
- Estrella.
- Bus.
- Malla.

2.5.1. Topología anillo

Esta topología, mostrada en la figura 2.7, permite la conexión con un único cable a todos los puntos en forma de círculo (razón por el nombre “anillo”). Las señales que viajan por el cable van en un solo sentido, lo que les permite tener acceso a todas las computadoras que se encuentran conectadas a la red. La topología anillo hace que cada ordenador haga el papel de repetidor, porque retransmiten la información mejorada evitando que se debilite. Si una computadora llegase a tener una falla, todo el funcionamiento de la red se vería afectado profundamente.



Figura 2.7: Topología Anillo.

Fuente: (Pech, 2013).

- **Ventajas:** la topología ofrece la ventaja de que todas las computadoras tendrán acceso a la misma información con la misma calidad. La red y su rendimiento no decaerá mientras muchos usuarios utilicen la red.
- **Desventajas:** la red se podría ver afectada si existen distorsiones. Si una computadora llegase a fallar, el funcionamiento total de la red se alteraría.

2.5.2. Topología estrella

En la topología, todos los ordenadores que pertenecen a la red están conectados a un concentrador llamado HUB, tal como se muestra en la figura 2.8.

Según CMM.net (2016), dice que el HUB es una caja cuyo contenido es cierto número de sockets a los cuales se pueden conectar los cables de los equipos y su función más importante es de garantizar la comunicación entre esos sockets.

Esta topología se creó utilizando un ordenador mainframe, dando como ventaja que todos los mandos son centralizados al HUB y brinda un mejor control de tráfico. Sin embargo, esta requiere de una gran cantidad de cables, debido a que cada ordenador va conectado independientemente al concentrador.

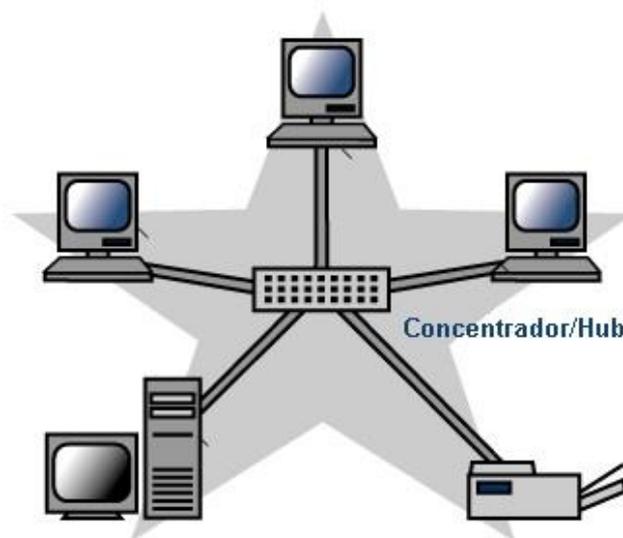


Figura 2.8: Topología Estrella.

Fuente: (Pech, 2013).

- **Ventajas:** la topología estrella posee una estructura simple, donde cada computador es independiente. Brinda facilidades de detección de problemas en la red y permite instalar nuevos ordenadores, teniendo el control de tráfico funcionando con normalidad.
- **Desventajas:** el funcionamiento total de la red depende del concentrador, si este deja de funcionar, toda la red se detiene. Posee un límite de confiabilidad y en el rendimiento total de la red.

2.6. Optical Distribution Frame (ODF)

El despliegue de la fibra óptica ha ido creciendo por el impulso de las altas velocidades de datos. A medida que ha ido evolucionando la fibra, la gestión de sus redes de transmisión óptica se han hecho difíciles. Durante el cableado de fibra óptica se deben considerar muchos factores como la viabilidad futura, la flexibilidad, la gestión y el costo de la implementación, etc.

Para el manejo de grandes cantidades de fibra de menor costo y mayor flexibilidad, se utilizan ampliamente varios ODFs que cumplen la función de conectar y programar la fibra óptica, además de trabajar conjuntamente con Transceivers y switches. Su elección correcta son la clave para tener éxito en la gestión de los cables.

La Trama de Distribución Óptica, se utiliza para la proporción de interconexiones de cable entre instalaciones de comunicación, donde se integran empalmes de fibra, adaptadores, conectores y conexiones de cables en una sola unidad. Este dispositivo también protege de daños a las conexiones de fibra óptica.

Actualmente existen diferentes formas de ODFs con diferentes especificaciones, por lo cual, elegir el adecuado no es cosa fácil.

2.6.1. Tipos de ODFs

Los ODFs según su estructura se pueden dividir en tres tipos llamados: ODF montado en pared, ODF montado en suelo y ODF montado en bastidor.

El ODF montado en pared, mostrado en la figura 2.9, normalmente usa el diseño de una caja que se instala fácilmente en la pared y es adecuado para distribuir fibras de pequeños recuentos.

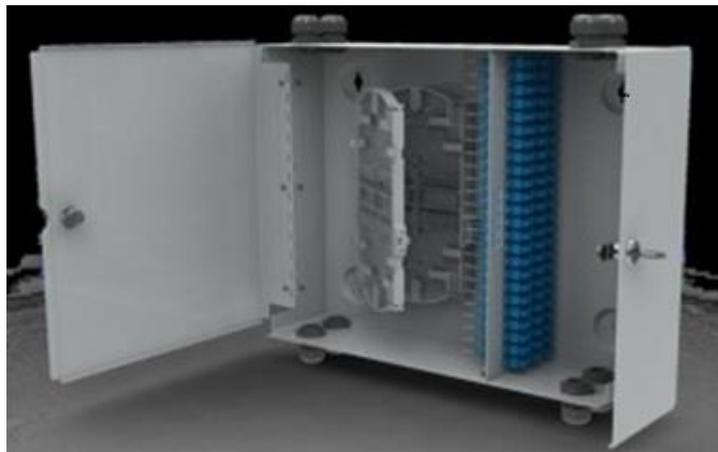


Figura 2.9: ODF montado a pared.

Fuente: (Gui, 2015).

El ODF montado a bastidor que se muestra en la figura 2.10, es usualmente diseñado en modulares de firme estructura. Estos se pueden instalar en el bastidor con flexibilidad dependiendo de las especificaciones de la fibra óptica. Este es el sistema de distribución óptica más conveniente, ya que proporciona la facilidad de poder cambiar sus estructuras en un futuro. Normalmente el tamaño de este elemento es de

19 pulgadas, lo que garantiza la perfecta instalación en el respectivo bastidor de transmisión estándar.



Figura 2.10: ODF montado a bastidor.
Fuente: (Gui, 2015).

2.6.2. Selección de un ODF

En el momento de la selección de un ODFs no solo se debe limitar en sus estructuras, sino también considerar muchos factores como sus aplicaciones. A continuación, se detallan algunos de los más importantes.

- **Fiber Counts:** con el número de conexiones de fibra en lugares como el centro de datos, la necesidad de ODFs de altas densidades se convierten en tendencia. Es muy común encontrar estos dispositivos con 12, 24, 48 o incluso 144 puertos para cables de fibra óptica en el mercado actual. Por lo tanto, muchos vendedores pueden proporcionar los ODFs modificados para requisitos específicos de los clientes.

- **Manejabilidad:** densidad alta es buena, pero su gestión no es fácil. Un ODF debe proporcionar un ambiente de gestión fácil para los técnicos, siendo ese un requisito básico que les permitan el acceso a conectores de la parte trasera y delantera para su inserción y extracción, es por eso que siempre se debe reservar suficiente espacio. Aparte, los colores de los adaptadores instalados deben tener coherencia con el código de colores de los conectores de fibra para evitar conexiones incorrectas.

- **Flexibilidad:** como se ha dicho, el ODF montada a bastidor es relativamente flexible durante las aplicaciones de diseño. Sin embargo, otro aspecto que aumenta su flexibilidad es el tamaño del puerto para los adaptadores en el ODF. Por ejemplo, un ODF con puertos del tamaño de conectores LC Dúplex se puede instalar con conectores SC o LC. En cambio, un ODF con puertos de conectores ST se puede instalar con los conectores ST y FC.

- **Protección:** las Tramas de Distribución Óptica integran las conexiones de fibra óptica en ellas. Los conectores de conexiones en empalme de fibra son altamente sensibles en la red de transmisión, y está relacionada directamente con la fiabilidad y estabilidad de la red. Por eso, un buen ODF deber poseer un dispositivo de protección para así evitar que las conexiones de fibra sufran daños producidos por polvo.

Un ODF es el más integral y popular que reduce costos, aumenta la flexibilidad y fiabilidad de la red de fibra durante su despliegue y su mantenimiento. Su tendencia es

la alta densidad en la industria de las telecomunicaciones y su selección es muy importante y compleja.

2.7. Pozos de canalización

En las telecomunicaciones, los pozos son agujeros utilizados para la colocación de mangas de empalmes y cables canalizados para redes subterráneas. Para el tendido de cable, se deberá realizar la inspección del pozo y luego se procede a la limpieza del mismo.

2.8. Tendido de cable

El tendido de cable de fibra óptica se lleva a cabo en base a una infraestructura civil determinada por la empresa prestadora de servicios. Hay algunas alternativas que se toman en cuenta para la canalización del cable de fibra óptica, y son los siguientes:

- Mediante tubería multicanal.
- Por medio de canalización nueva; triductos colocados a un lado de la canalización principal.
- Por subductos hechos en el suelo.
- O por canales ocupados de forma parcial por cables de fibra o cobre.

2.9. Procedimiento de tendido de cable

Dentro del procedimiento de tendido de cable, se pueden considerar dos técnicas principales.

2.9.1. Tendido de cable manual

El tendido del cable manual consiste en arrastrar por todo el ducto al cable por canalizar. Para desarrollar este trabajo, se necesitan de operarios que cumplan las funciones de desenrollar el cable del carrete, guiar el cable por el ducto y cumplir con las tareas de control y tracción.

Se debe considerar la presencia de un dinamómetro, para garantizar que el cable no quede tan tensionado cuando ocurra una tensión axial.

2.9.2. Instalación por tramos

La instalación por tramos se realiza por etapas, donde se desplaza la porta bobina a ubicaciones intermedias. En la figura 2.11 se detalla el esquema que se usa para canalización de cable y su manejo.



Figura 2.11: Instalación de cable canalizado y manejo durante el tendido.

Fuente: (CNT EP, 2016).

Se deberá siempre considerar al momento de realizar un trabajo:

- Que toda la instalación sea ejecutada por un equipo técnico especializado.
- Respetar las infraestructuras existentes.

2.10. Tapones de anclaje y sellado

Los tapones son accesorios de gran necesidad. Se encargan de proteger la fibra óptica de cualquier tipo de impureza que cause daño a la red, tales como roedores, gases o agua. Además de asegurar la protección, también garantiza la hermeticidad del sellado por medio de un caucho especial expansible. Los tapones se clasifican en tres tipos que se muestran en la tabla 2.2:

Tabla 2. 2: Ejemplos de tapones de anclaje y sellado.

Ciegos	Abiertos o guías	Trifurcados
Son aquellos que se usan para bloquear el subducto que queda libre.	Son aquellos que ajustan la fibra al subducto.	Son aquellos que fijan triducto en la tubería PVC.
		

Fuente: (CNT EP, 2016).

2.11. Empalmes

Según la Asociación de Fibra Óptica (2014), establece que los empalmes crean una unión permanente entre dos fibras, por lo que su uso está limitado a aquellos lugares donde no se espera que los cables estén disponibles para realizar mantenimientos en el futuro.

Un empalme se lo aplica normalmente para conexiones muy largas utilizadas en planta externa. Existen dos tipos de empalmes: los fusionados y los mecánicos. La más

usada y recomendada es el empalme por fusión, ya que garantiza una unión más fuerte y ofrece menos pérdidas.

2.11.1. Empalmes por fusión

Los empalmes por fusión son comúnmente hechos en espacios seguros, donde no haya peligro de atmosferas explosivas. Para este proceso se utiliza un equipo voluminoso que fusiona las fibras con un arco eléctrico.

Las fusionadoras actualmente son muy automatizadas, mostrada en la figura 2.12, por lo que es difícil realizar un empalme si no se han seguido las instrucciones adecuadas; por ejemplo, limpiar y realizar perfectamente el corte de la fibra con cortadoras especializadas. Como dato extra, el empalme de fusión es tan bueno que suele ser muy difícil detectar el empalme de fibra fusionado.



Figura 2.12: Fusionadora de fibra óptica.

Fuente: (NTDhoy, S.L., 2012).

2.11.2. Empalmes mecánicos

Un dispositivo es el protagonista en los empalmes mecánicos, se encarga de mantener los extremos de las fibras alineados y unidos con la ayuda de un gel igualador. La Asociación de Fibra Óptica (2014), plantea que hay varios tipos de empalmes mecánicos, como las pequeñas varillas de cristal o las abrazaderas de metal en forma de “v”. Por otra parte, los empalmes mecánicos pueden ser utilizados en fibras monomodo y multimodo, ya que funcionan muy bien.

2.12. Ancho de banda

Cuando se habla de conexiones a internet o envío de datos, se refiere a ancho de banda. En sí, el ancho de banda es un término muy utilizado en el área de las telecomunicaciones; este término se refiere a la cantidad de datos que se envía por medio de una red en cantidades medidas en bits por segundo, kilobits por segundo y megabits por segundo. Por medio de él, se pueden trabajar en transferencias de voz, imágenes y video.

2.13. Telefonía IP

La Telefonía IP es la comunicación que se establece mediante el internet, donde la voz se convierte en señal y se envía por medio de paquetes de datos. Para llevar a cabo este proceso, hace el uso del Protocolo de Internet (IP), el mismo que esta interconectado directamente a una red telefónica pública; red que utilizan todos los abonados para realizar las llamadas telefónicas con solo marcar el número de teléfono.

Esta interconexión les permite a los clientes que puedan efectuar llamadas mediante números de tarificación especial (102,504,302, etc.) con la oportunidad también de poder recibir una llamada IP.

Toda esta funcionalidad es posible gracias a la tecnología VoIP (Voice Over Internet Protocol), que convierte la voz humana en paquetes.

2.13.1. Principales ventajas de la Telefonía IP

Entre muchas ventajas, las tres principales son:

- **Ahorro**

Entidades públicas o privadas pueden tener los servicios de telefonía IP y numeración nacional ahorrando costos, ya que de este mismo medio se hace se lo utiliza para diversas funciones.

- **Movilidad**

La VoIP permite usar un número fijo desde cualquier punto que tenga el servicio de internet. Gracias a esta ventaja, no hace al usuario inseparable de algún lugar físico ya que la voz será transmitida de forma virtual y no por cables.

- **Funcionalidades**

A este servicio, se le pueden agregar funcionalidades que ayudan al rendimiento del servicio, tales como buzón de voz o e-mail.

2.13.2. Principales desventajas de la Telefonía IP

- **Necesidad de conexión a internet**

Actualmente no es un problema constante tener la necesidad de estar conectados a internet, porque todos tenemos plan de datos en nuestros celulares, o un servicio de internet contratado en casa o empresa. Así que, esta sería una ventaja cuando no dispongamos del servicio de internet.

- **Sin electricidad, la Telefonía IP cae**

Por obvias razones, los teléfonos o computadores deben estar alimentados por alguna fuente de energía para que puedan funcionar.

Si el servicio eléctrico falla, los servicios telefónicos dejan de funcionar hasta que se haga un restablecimiento del sistema. Ese proceso podría demorar cierto tiempo hasta que los técnicos actúen con reparaciones.

- **Uso excesivo del ancho de banda**

Las descargas, navegación en páginas web, videos en línea, reproductores de música virtual; todas estas actividades utilizan la conexión a internet al igual que la Telefonía IP. Si se hace un uso excesivo del ancho de banda, es probable que el servicio IP se vea afectada.

2.13.3. Terminales utilizados en llamadas VoIP

- **Teléfono IP**

Los teléfonos IP son creados precisamente para que puedan trabajar con la tecnología de VoIP. Este teléfono, de la figura 2.13, trabaja como un minicomputador; para su utilización, se lo deberá configurar usando un ordenador por medio de un software IP.



Figura 2.13: Teléfono IP.
Fuente: (Telsome, 2015).

- **Adaptador IP ATA**

Este adaptador de la figura 2.14 es especializado en convertir todas las señales de los teléfonos que son analógicos a paquetes de datos. De esta manera, es posible que se puedan utilizar los teléfonos convencionales e implementarla la tecnología VoIP con solo conectarlos al adaptador IP.



Figura 2.14: Adaptador IP ATA.
Fuente: (Telsome, 2015).

- **Softphone (Software)**

Softphone es el software por el que se pueden efectuar llamadas VoIP y se lo puede instalar en cualquier dispositivo, ya sea celular, tablet u ordenador. Una captura del software se puede observar en la figura 2.15.



Figura 2.15: Software SOFTPHONE.
Fuente: (Telsome, 2015).

2.14. Subestación eléctrica

Una subestación eléctrica es un establecimiento; mostrado en la figura 2.16, que esta conformados por un sin número de elementos de electricidad y su principal componente es el transformador. Dentro de las funciones que hace una subestación esta la producción y conversión de la energía, para que sea distribuida a cada uno de los usuarios.

En ella también se aplican métodos de seguridad, los cuales ayudan a que las líneas estén protegidas ante cualquier adversidad. Para una correcta instalación de una subestación eléctrica, se necesita un amplio terreno donde ofrezca más confiabilidad y continuidad de sus funcionalidades.



Figura 2.16: Subestación eléctrica.

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016).

En la ciudad de Babahoyo existen tres subestaciones: Terminal Terrestre, Nelson Mera y Centro Industrial. Estas tres, reciben la energía a un nivel de voltaje de 69 KV; y por medio del transformador de poder, se reduce a 13,8 KV.

2.15. Sistema SCADA

Los sistemas SCADA por sus siglas Supervisory Control And Data Acquisition; que significa Adquisición de Datos y Supervisión de Control, es un supervisor que lleva el control de un sistema central industrializado. Este software no solamente se dedica al control, sino también al monitoreo de datos remotos y sus respectivos mandos. Para estas actividades, el sistema SCADA usa canales de comunicación como herramienta principal para ejecutar sus funciones.

Si se habla de forma esquemática, un SCADA que está en funcionamiento dentro de cualquier tipo de sistema corporativo, consta de lo mostrado en la siguiente figura 2.17:



Figura 2.17: Esquema de un sistema SCADA implementado.
Fuente: Autor.

Según la Revista Industria (2012), dice que para facilitar la gestión de los sistemas eléctricos, las empresas eléctricas cuentan con plataformas SCADA para supervisar y controlar el estado operativo de los diversos componentes de la red.

En el esquema, se comienza por los datos que se quieren distribuir, estos mismos datos son medidos por instrumentos que permiten la continuidad de la interconexión. El sistema SCADA será el encargado de monitorear todos los datos que son enviados por los instrumentos de medición; finalmente, los clientes terminan visualizando los datos controlados por el mismo.

2.15.1. Funciones principales de SCADA

Son tres las principales funciones que cumple un sistema SCADA:

- Adquisición de datos, generalmente opera almacenando y procesando toda la información necesaria que se reciba.
- Supervisión, la parte donde va a proceder el monitoreo de toda la información controlado por un ordenador de control.
- Control, donde se modifica todos aquellos procesos que vienen directamente como formas de alarmas o alertas sobre cualquier tipo de conexiones.

2.15.2. Requisitos de un sistema SCADA

Para la implementación de un sistema SCADA, se deben cumplir de manera estricta los siguientes objetivos:

- Los sistemas SCADA deben ser estructurados de una manera que a futuro puedan ser modificados para un crecimiento o adaptaciones de nuevas necesidades, según la empresa. En otras palabras, debe poseer una arquitectura abierta.
- Deben tener equipos implementados en redes de gestión, que ofrezcan una excelente comunicación para el SCADA con los usuarios, de esta manera se podrá transmitir la información con facilidad.
- Los softwares no deben tener complejidad en el momento de instalación, al mismo tiempo deben manejar una interfaz de confianza; sin exigencias, para que el usuario pueda operar de forma amigable.

2.15.3. Arquitectura de un sistema SCADA

Según Rodríguez Penin (2012), define en su libro “Sistemas SCADA” que el desarrollo del ordenador personal ha permitido su implantación en todos los campos del conocimiento y a todos los niveles imaginables.

Los primeros monitoreos realizados sobre industrias y corporaciones eran recibidas a un computador personal y se empezaban a distribuir los mandos de control, proceso que se muestra en la figura 2.18. Por eso, un sistema estaría conformado por:

- Software de adquisición de datos (SCADA).
- Sistemas encargados de los mandos (sensores).
- Canales de interconexiones (comunicación).

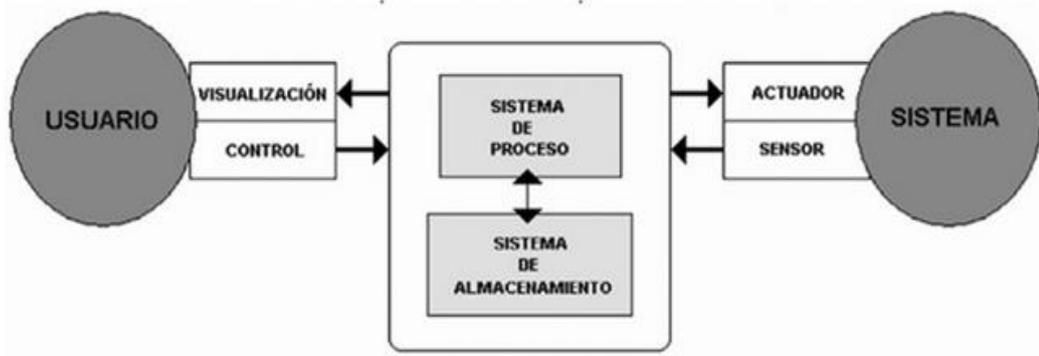


Figura 2.18: Estructura básica de un sistema de supervisión y mando.
Fuente: (Penin, 2012).

Un sistema SCADA está diseñado específicamente para operar sobre computadoras para el control y monitoreo de los dispositivos de campo que establecen las comunicaciones para este fin. Esos dispositivos de campo son también llamados Unidades Remotas, donde se encuentran controladores autónomos que procesan los comandos de control desde un monitor conectado con el centro de control.

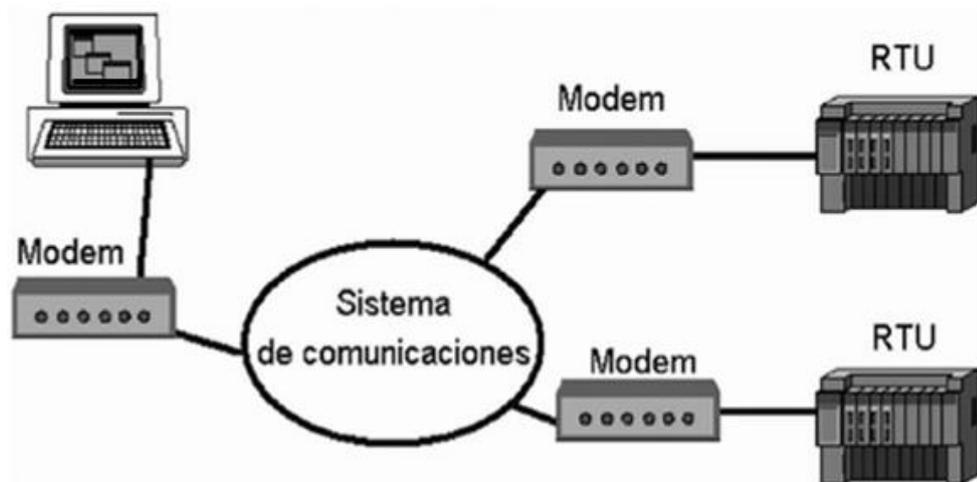


Figura 2.19: Diseño básico de una sistema SCADA.
Fuente: (Penin, 2012).

Estos sistemas SCADA, como muestra la figura 2.19, trabajan con un modo de MAESTRO/ESCLAVO. El maestro es la estación central, se establecen comunicaciones con las estaciones (esclavos) para recolectar toda la información o datos necesarios, con el fin de generar acciones favorables al sistema.

CAPÍTULO 3: SIMULACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS

3.1. Introducción

En el presente capítulo se detallarán puntos esenciales para la creación del diseño de red de fibra óptica. Este proyecto está elaborado para que sea considerado en implementarlo sobre las tres subestaciones eléctricas que se encuentran en la ciudad de Babahoyo; Provincia de Los Ríos, el mismo que garantizará que un sistema de comunicación tenga completa redundancia en sus servicios para el beneficio de la Corporación Nacional de Electricidad.

3.2. Diseño de una red de fibra óptica

El factor con el que se debe iniciar el diseño, es el estudio de campo de las ubicaciones de las subestaciones eléctricas. Hay que considerar que las subestaciones Nelson Mera y Centro Industrial son las más distantes del Centro de Control de CNEL EP; localizadas a las afueras de la ciudad de Babahoyo, por lo que llevaría a que se ejecute un estudio amplio de las coordenadas para poder llevar a cabo el proyecto con precisión.

Un requisito es saber la ubicación de cada una de las subestaciones eléctricas. Por eso, se las ha ubicado en un mapa, nombrada a continuación como figura 3.1; e identificando las subestaciones con sus respectivos nombres.

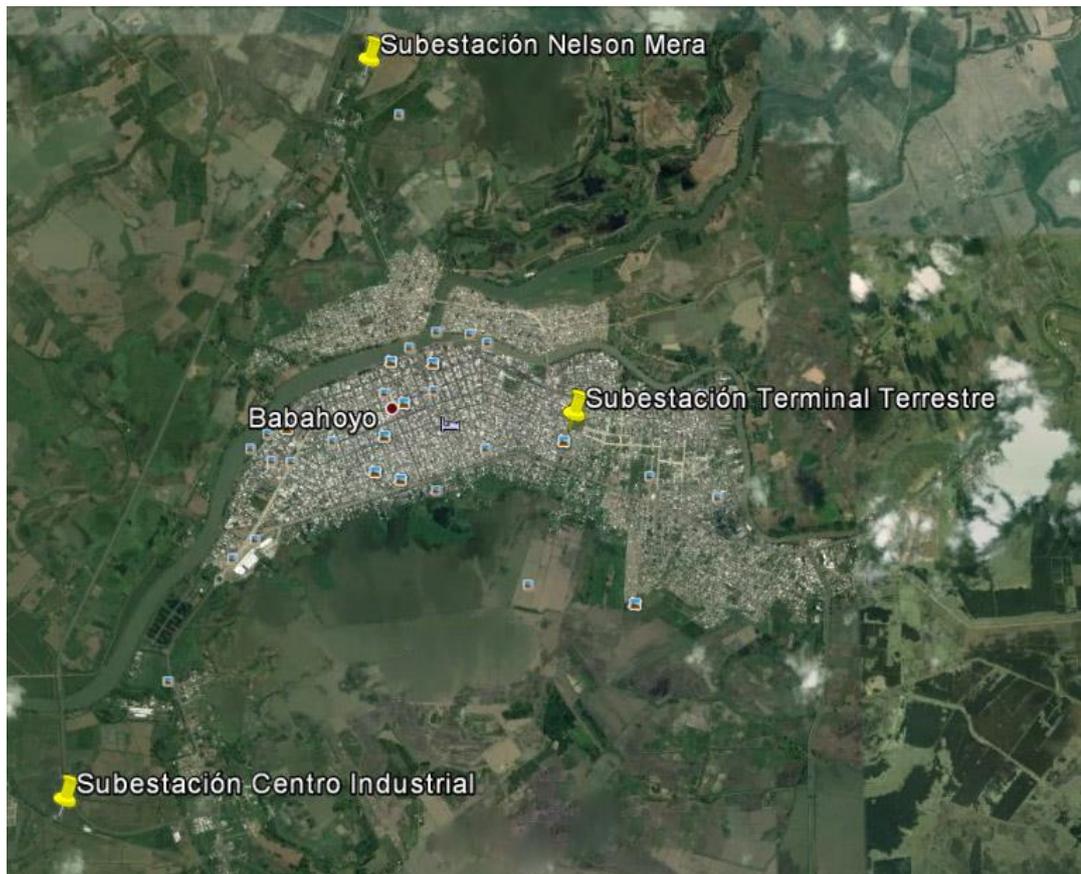


Figura 3. 1: Ubicación de las subestaciones eléctricas en la ciudad de Babahoyo.
Elaborado por: Autor.

Estos primeros puntos forman parte importante de la estructura del proyecto; de aquí se obtendría la disponibilidad completa que tendría la red sobre los servicios de comunicación y se ganaría redundancia en el sistema general.

3.2.1. Tendidos de fibra óptica aérea y subterránea

Existen diferencias entre tendido de fibra óptica aérea y subterráneo, por eso a continuación, se muestra la tabla 3.1 donde se detallan algunas diferencias entre los dos tendidos.

Tabla 3. 1: Diferencias entre tendidos de fibra aéreo y subterráneo.

Tipo de tendido	
Aéreo	Subterráneo
Fácil instalación, con utilización de postes y grúas.	Fácil instalación por medio de pozos.
Acceso inmediato para reparaciones con el uso de escaleras o carro canasta.	Acceso inmediato a pozos en zonas regeneradas para reparaciones.
Tendido recomendado por su bajo costo de instalación.	Tendido un poco más costoso, modernizado y seguro.

Elaborado por: Autor.

Con respecto al tendido aéreo, el orden de las líneas en los postes; mostrado también en la figura 3.2, debe ser de la siguiente forma:

- Líneas de alta tensión.
- Red de baja tensión.
- Redes de telecomunicaciones.



Figura 3. 2: Orden de las líneas colocadas en poste.

Elaborado por: Autor.

El personal encargado de realizar este trabajo deberá ser capacitado y haber tenido la experiencia necesaria para realizar los tendidos, con el fin de evitar inconvenientes mediante la ejecución. A medida que se va estableciendo el largo de la ruta, se irán verificando los herrajes para cada poste, al mismo tiempo despejando la vegetación de manera responsable, realizando el debido podado que en ocasiones provocan daños en las líneas.

3.2.2. Instalación de postes

Para la instalación de postes, se utilizarían de hormigón armado de aproximadamente 10 o 12 metros de longitud. Si se trabaja en el apisonamiento de postería sobre un suelo firme, se necesitarán las herramientas adecuadas y se calcularía la profundidad que tendrá el agujero con la fórmula: $P = \left(\left(\frac{h}{10} \right) + 0.5 \right) [m]$.

Donde la variable P es la profundidad del agujero y h es la altura del poste. Ahora, cuando se estén instalando postes en terrenos no firmes; es decir, en suelos fangosos, se deberá colocar una capa de concreto de aproximadamente 20 cm, esta base evitará que la postería se hunda. Estos postes, por ejemplo, podrían ser instalados en la zona donde se encuentra la subestación Centro Industrial, ya es que la más lejana. rodeada de vegetación y suelos no firmes. Por lo cual, todos los postes que pertenecerían a esa ruta deberán estar asegurados con una mezcla de capas de tierra y piedra, alternadas respectivamente y tendrían un grosor de 25 cm. Toda esta explicación se muestra en la figura 3.3 a continuación.

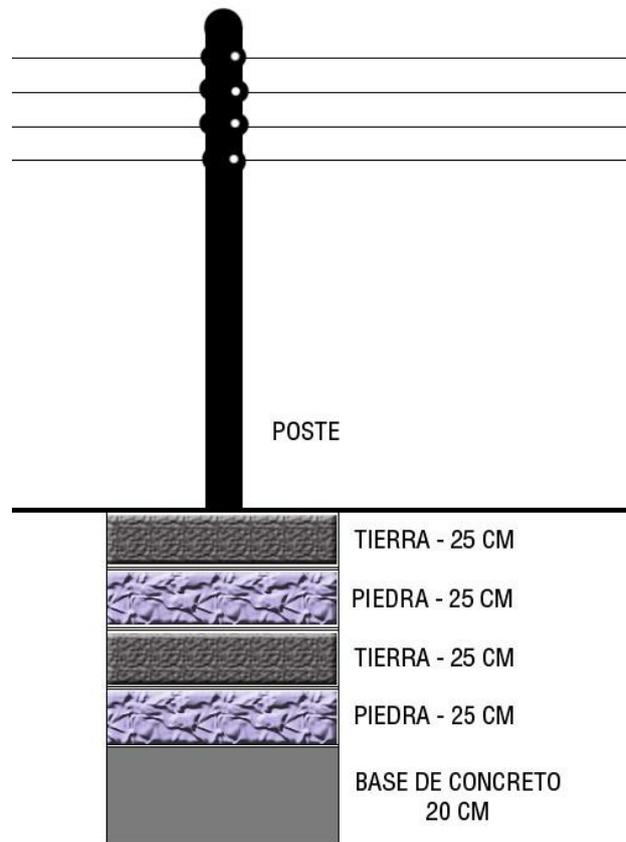


Figura 3. 3: Instalación de postera en suelo no firme.
Elaborado por: Autor.

3.2.3. Estudio de disponibilidad de pozos

El tendido de la fibra en este proyecto está direccionado en tramos aéreos y subterráneos. Los aéreos serían por los sectores que no poseen una infraestructura regenerada, por eso el cable iría por postera propiedad de CNEL EP. Los tramos subterráneos empezarían a partir de zonas que poseen pozos con disponibilidad de espacio. La avenida 5 de junio forma parte de la zona regenerada, la misma que sería utilizada como ruta para algunas de las conexiones a las subestaciones.

Actualmente, existen dos tipos de pozos en la ciudad de Babahoyo. Los primeros son los que se encuentran entre las calles 18 de mayo y Eloy Alfaro. Esos pozos fueron los primeros en ser construidos, poseen una dimensión de 1x1 metro y contienen únicamente cuatro ductos, los cuales están siendo utilizados por redes de diversas empresas públicas y privadas. Los otros pozos son los que parten desde la calle Eloy Alfaro, hasta la Jaime Roldos y continúa en la Av. Enrique Ponce Luque, poseen ocho ductos, de los cuales cuatro están en total disponibilidad para nuevas redes de comunicaciones, tal como lo muestra la figura 3.4.



Figura 3. 4: Disponibilidad de ductos en pozos regenerados en Babahoyo.
Elaborado por: Autor.

3.2.4. Características de las subestaciones eléctricas de la ciudad de Babahoyo

Las rutas que se asignarían en este proyecto para las tres subestaciones existentes en la ciudad de Babahoyo, deberán ser libres de obstáculos y de fácil acceso. Para eso, se necesitarían saber las coordenadas de cada subestación, descritas en la tabla 3.2, para proceder a trazar el recorrido de los cables.

Tabla 3. 2: Coordenadas de las subestaciones eléctricas de Babahoyo.

Subestación	X	Y
Terminal Terrestre	664445	9800581
Centro Industrial	660303	9797460
Nelson Mera	662785	9803616

Elaborado por: Autor.

Las coordenadas de las subestaciones ayudarán a conseguir la ubicación exacta de ellas, para así saber la ruta que tomará la fibra óptica y los tramos claves que garanticen el cuidado y protección de los cables.

3.2.5. Mapas topográficos del recorrido de la fibra óptica para cada subestación

Cada enlace que se diseña en este proyecto, se basa en la conexión entre la subestación eléctrica y el Centro de Operaciones de CNEL EP; lugar donde se encuentran los equipos de comunicación, ODFs, routers y datos del sistema SCADA, ubicado dentro del Departamento Técnico.

En las siguientes figuras, se muestran las tres rutas que interconectarían las subestaciones con el Centro de Operaciones. Los recorridos de las fibras pasarían por sectores apropiados, a través de la ciudad de Babahoyo y zonas rurales.



Figura 3. 5: Salida de la fibra del Centro de Operaciones.

Elaborado por: Autor.

La ruta de la fibra que parte desde el Centro de Operaciones hacia la subestación Centro Industrial posee un recorrido mixto. En la figura 3.5 se observa la línea amarilla; que representa ruta aérea. Esa ruta llega hasta la calle Pedro Carbo, donde empieza la disponibilidad de pozos para empezar con la línea roja; que significa ruta subterránea. Proceso también mostrado en la figura 3.6.

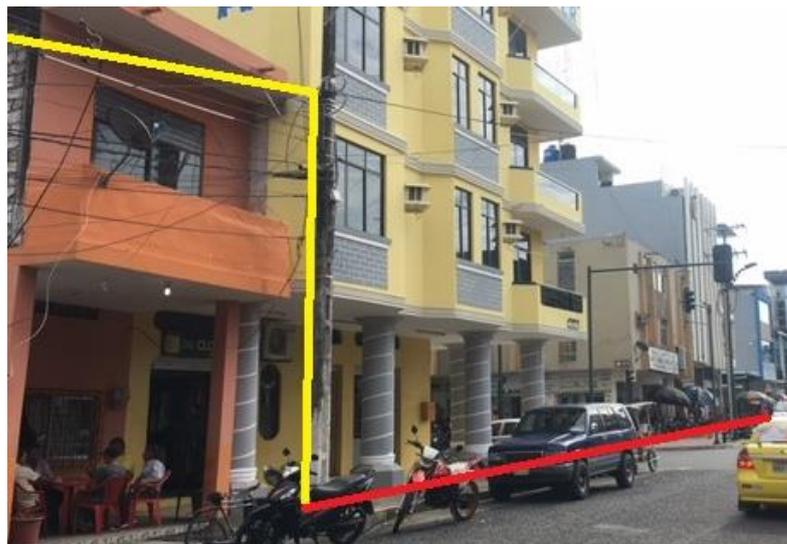


Figura 3. 6: Cambio de la ruta de fibra óptica de aérea a subterránea en la calle Pedro Carbo.

Elaborado por: Autor.

El recorrido continúa hasta llegar a una derivación en la calle Eloy Alfaro, mostrada en la figura 3.7. Es allí, donde se intersecta con la Av. 5 de junio; la misma que fue regenerada con ocho ductos subterráneos, de los cuales cuatro están disponibles. En las siguientes figuras 3.8 y 3.9 se muestran las fotografías tomadas en la ciudad de Babahoyo donde se trazó la ruta subterránea de fibra que se interconectaría con la subestación Centro Industrial.



Figura 3. 7: Recorrido de la fibra en la intersección de las calles Eloy Alfaro y 5 de junio.
Elaborado por: Autor.



Figura 3. 8: Recorrido de la fibra subterránea hasta la calle Eloy Alfaro.
Elaborado por: Autor.



Figura 3. 9: Unión de la fibra con los pozos regenerados de la 5 de junio.
Elaborado por: Autor.

Su recorrido avanzaría hasta terminar la Av. 5 de junio y empezar la Enrique Ponce Luque. Así mismo, la fibra recorrería hasta terminar ambas avenidas que han

sido utilizadas en las rutas, observado en la figura 3.10, porque existe la presencia de espacios disponibles en sus ductos para redes de comunicaciones.



Figura 3. 10: Recorrido de la fibra perteneciente a la subestación Centro Industrial.

Elaborado por: Autor.

Debido a que la subestación Centro Industrial es la más distante a la ciudad de Babahoyo, se optó por hacer el recorrido gráfico de la fibra en varias partes. La continuación del tramo se muestra en la siguiente figura 3.11.

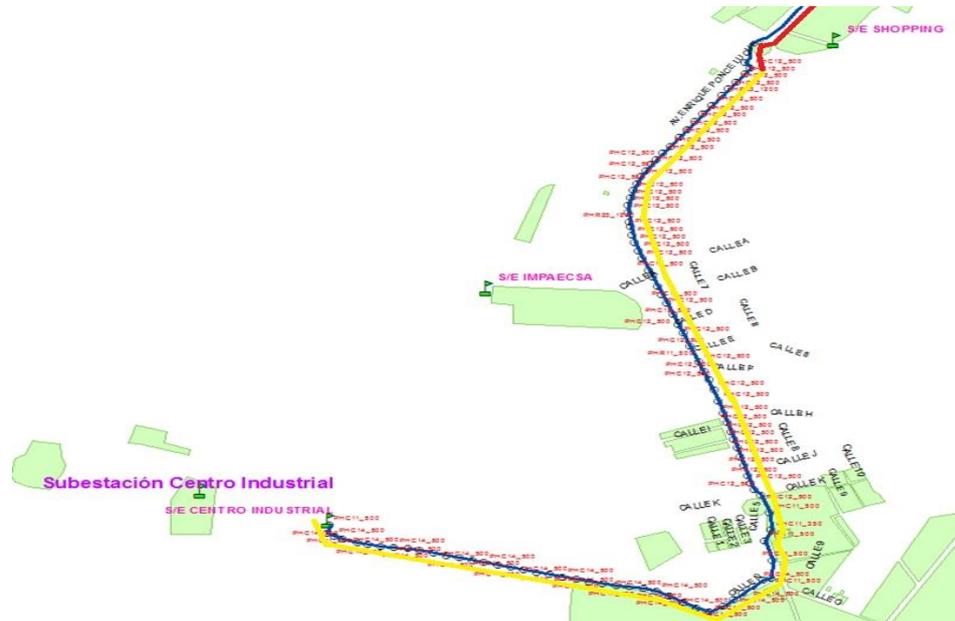


Figura 3. 11: Continuación de recorrido de la fibra de la subestación Centro Industrial.
Elaborado por: Autor.

Por otra parte, la segunda con mayor distancia es la Nelson Mera. El recorrido de la fibra para la mencionada subestación eléctrica, es la siguiente, mostrada en la figura 3.12.



Figura 3. 12: Recorrido de la fibra óptica para la subestación Nelson Mera.
Elaborado por: Autor.

Como dato adicional, para que el cable tenga su recorrido completo y llegar hasta la subestación Nelson Mera, esta pasaría por los ríos Babahoyo y San Pablo. Lo cual, sería conveniente dirigir la fibra por los ductos inferiores que poseen los puentes, tal como lo muestra la figura 3.13.



Figura 3. 13: Recorrido de la fibra óptica por el puente sobre el río San Pablo.
Elaborado por: Autor.

Por último, la subestación eléctrica Terminal Terrestre es la más cercana y se encuentra dentro de la ciudad. Por ende, el tendido de cable para su recorrido sería el más corto y con más facilidades de implementar, por la presencia de postes de hormigón. La corta distancia se puede apreciar en la siguiente figura 3.14.



Figura 3. 14: Recorrido de la fibra óptica para la subestación Terminal Terrestre.
Elaborado por: Autor.

Durante todo el tendido, se utilizaría el cable G-652 de ocho hilos con conectores SC de fibra monomodo, ya que permitiría implementarla con un alcance considerable. En la ruta a la subestación Terminal Terrestre, existe un pequeño tramo que debería ser implementado de forma subterránea, como se ve en la figura 3.15, ya que es una avenida que está en proceso de regeneración y por orden municipal, no debe haber cables aéreos.



Figura 3. 15: Tramo subterráneo en la avenida principal.
Elaborado por: Autor.

3.3. Tipo de topología de red usada en el diseño

Para este proyecto, se ha considerado realizar las conexiones mediante la tipología estrella, ya que se basa en una estructura simple, cada enlace es independiente y ofrece un mayor control de tráfico.

En la siguiente figura 3,16, se puede observar la topología estrella teniendo como punto central al Centro de Operaciones del Departamento Técnico de CNEL EP y sus respectivas rutas de las redes que se interconectan con cada una de las subestaciones eléctricas.

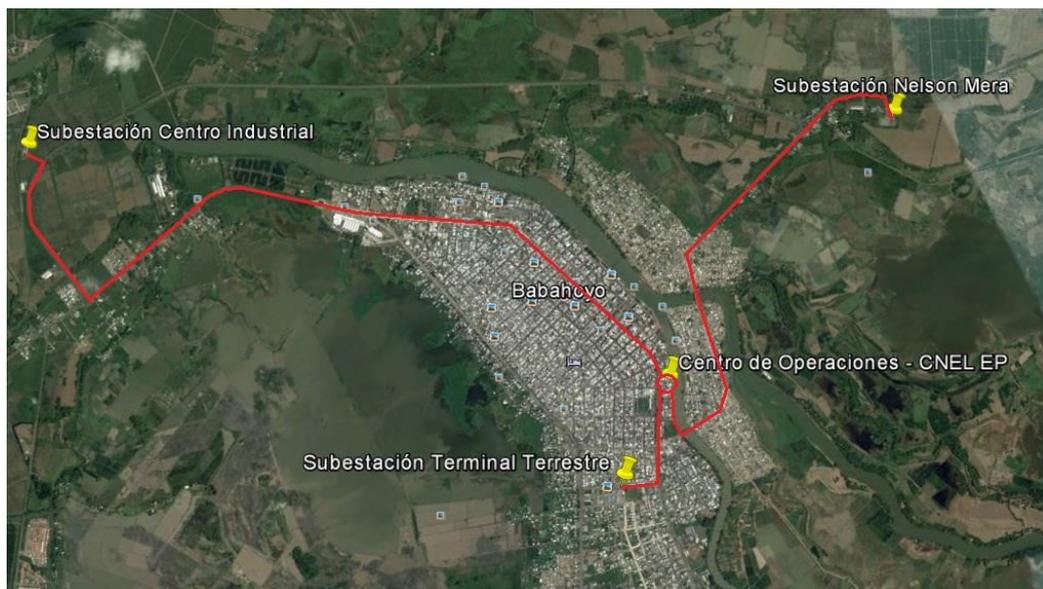


Figura 3. 16: Interconexiones con topología estrella para las redes.
Elaborado por: Autor.

Con esta topología, se pueden determinar las distancias que poseen las rutas que van desde su punto central hacia cada subestación. Estas distancias, descritas en la tabla 3.3, fueron trazadas con la ayuda del mapa de fibra ArcGis que utiliza la

Corporación Nacional de Electricidad, y las respectivas mediciones por las rutas donde pasaría el cable óptico.

Tabla 3. 3: Distancias de las rutas entre el Centro de Operaciones y las subestaciones eléctricas.

Punto a punto	Distancia (km)
Centro de Operaciones – Centro Industrial	7,06
Centro de Operaciones – Nelson Mera	3,63
Centro de Operaciones – Terminal Terrestre	1,14

Elaborado por: Autor.

Cabe mencionar, que las rutas de los enlaces a implementar fueron escogidas con relación a la cercanía que tenían con el Centro de Operaciones, tomando también en cuenta las facilidades que se obtendría si se dispone de postería y pozos en avenidas regeneradas o que se encuentren en proceso de regeneración.

3.4. Cálculo de empalmes en los enlaces

Unos de los datos claves que se necesitan para iniciar un presupuesto óptico, son los números de empalmes que tendrían los enlaces. En este proyecto, se supondrá que la instalación de un empalme será cada 3 km de distancia con su respectiva caja de espacio. Una de las ventajas de este proyecto, es que las distancias totales que existen entre las subestaciones eléctricas y el Centro de Operaciones no son grandes longitudes.

A continuación, se muestra en la tabla 3.4 las distancias de las subestaciones y la estimación de número de empalmes que tendrán sus respectivos enlaces de fibra óptica.

Tabla 3. 4: Número de empalmes para cada enlace.

Subestación	Distancia	N° de empalmes
Centro Industrial	7,06 km	2
Nelson Mera	3,63 km	1
Terminal Terrestre	1,14 km	0

Elaborado por: Autor.

3.5. Arquitectura de los nodos de cada subestación eléctrica

Durante la llegada de la fibra G-652 a cada nodo, se establecería una arquitectura con el siguiente esquema.

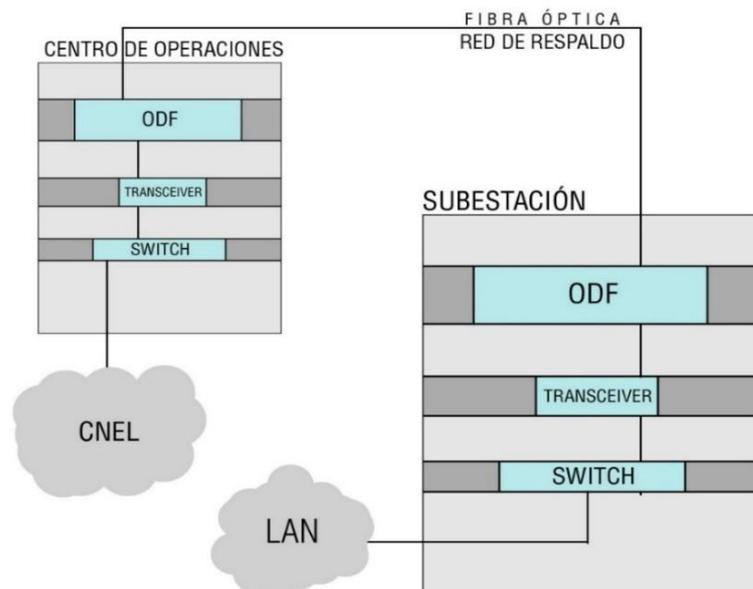


Figura 3. 17: Arquitectura de nodo en cada subestación eléctrica.

Elaborado por: Autor.

Para describir la figura 3.17 y conocer las funciones de cada elemento integrado, se detalla lo siguiente. El ODF se encargaría específicamente, en conmutar las tramas de datos que se generarían al momento de monitorizar y comandar todos los equipos de las subestaciones eléctricas que conforman el sistema de monitoreo SCADA.

El Transceiver, tendría como función convertir el pulso eléctrico a óptico, y viceversa. El switch, haría el papel de un patch panel; únicamente permitiría la conexión de la fibra óptica de la red LAN con la fibra óptica de la red externa.

En la red o nube de CNEL EP, se hacen todo lo que respecta a direccionamiento lógico, que va en sentido de la subestación eléctrica hacia el Centro de Control. El switch que sería instalado en el nodo de la subestación, permitiría conmutar las tramas de los medidores, equipos de protección y monitoreos que se dirijan al Centro de Operaciones y retroalimenten al operador del SCADA.

3.6. Tipo de servicios y ancho de banda de la red de respaldo

Específicamente, los servicios que se entregarían por medio de esta nueva red de respaldo, sería: la Telefonía IP; servicio esencial para la comunicación interna de los trabajadores de la Corporación Nacional de Electricidad. Su ancho de banda dependería del codificador que se utilice, para este caso, se estima utilizar el codificador G. 711 de 64 Kbps, el cual es capaz de abastecer hasta diez llamadas IP al mismo tiempo.

El servicio de internet; el cual sería el mismo otorgado por la empresa CNT EP, con un ancho de banda de 1 Mb para cada subestación eléctrica.

Y el servicio de datos de control y monitoreo SCADA. Este último, es el que debería tener un perfecto funcionamiento para la gestión laboral de la empresa eléctrica y su ancho de banda podría ser de 1 Mb, ya que solo proporciona informaciones como temperaturas, voltajes, corrientes, potencias, presiones de gas; entre otras, y a través del mismo, se posibilita el control de comandos en tiempo real, dependiendo de la situación que lo requiera.

3.7. Presupuesto óptico: posibles pérdidas en la red de respaldo

En este punto, se retoma el tema de las distancias de las rutas diseñadas en este proyecto entre el Centro de Operaciones y las tres subestaciones eléctricas. Para la implementación de este nuevo diseño de red que serviría como respaldo a SCADA, es esencial calcular las posibles pérdidas que los enlaces podrían tener y se lo llamará presupuesto óptico.

Simplemente se trata de un cálculo teórico que serviría como referencia para obtener valores aproximados de pérdidas que existan en las distancias entre los puntos donde se pretende enlazar. Al mismo tiempo, estos resultados brindarían la oportunidad de seleccionar los equipos y materiales para la implementación de los enlaces por un costo económico.

Tabla 3. 5: Suma total de distancias de los puntos para cantidad de cable de fibra óptica.

Subestación Eléctrica	Distancia entre puntos
Centro Industrial	7,06 km
Nelson Mera	3,63 km
Terminal Terrestre	1,14 km
Total	11,83 km

Elaborado por: Autor.

Una vez obtenidas las distancias en la tabla 3.5 se hace el cálculo de pérdidas de los tres enlaces ya antes mencionados. Hay que tener en cuenta que los empalmes, inserción de equipos y la longitud de la fibra también pueden generar pérdidas.

En el marco teórico, se mencionó que la fibra G-652 transmite en la ventana de 1550nm y el tipo de fibra a utilizar será monomodo, ya que es ideal para redes de largas rutas. Para la determinación del presupuesto óptico, se utilizarían valores estándares mínimos, que ayudarían a suponer el peor de los escenarios.

- Atenuación de la fibra (0.25 dB/km).
- Perdida por conectores (0.75 dB).
- Perdida por empalmes (0.15 dB).
- Margen de seguridad (10%).

En base a las normas para la fibra óptica, las pérdidas se las calculan teóricamente con la fórmula:

$$P(dB) = B * d + 2 * P_C + n * P_e$$

Donde P es la variable que se está calculando, en este caso el llamado Presupuesto Lógico, B es la atenuación de la fibra, d es la distancia que existe entre los dos puntos del enlace de cada subestación eléctrica, P_c es la pérdida por conectores (en este caso serían dos, uno por cada extremo de la fibra) y P_e la pérdida por la cantidad de empalmes que existan en las redes.

En la siguiente tabla 3.6 se muestran los resultados del cálculo de las pérdidas de la red de respaldo de las subestaciones eléctricas.

Tabla 3. 6: Calculo de presupuesto óptico de la red de respaldo.

				Ventana 1550nm	
				Pérdidas	
Subestación	Distancia (km)	Nº de empalmes	Atenuación (dB/km)	Teórico (dB)	10% (dB)
Centro Industrial	7,06	2	0.25	3.565	3.921
Nelson Mera	3,63	1	0.25	2.557	2.812
Terminal Terrestre	1,14	0	0.25	1.785	1.963

Elaborado: Autor.

3.8. Instalación de UPS o banco de baterías para cada punto de enlace

Un UPS no es nada más que un dispositivo que permite brindar energía a todos aquellos equipos de comunicación que estén conectados a él por medio de sus elementos internos almacenadores, o bancos de baterías.

Como antecedente de este proyecto, existe un banco de baterías que están ubicado en las instalaciones de CNT EP. Han sido algunas las comprobaciones que se han realizado para darse cuenta que no hay garantía de que los enlaces por parte de la empresa de telecomunicaciones sigan funcionando con normalidad cuando se presentan fallas del suministro del servicio eléctrico. Esos enlaces presentaban niveles bajos de señal.

De esta manera, es de gran necesidad colocar en cada punto de enlace un UPS que garantice el continuo funcionamiento de los equipos de comunicación. Solo así, el sistema SCADA podrá operar con normalidad aportando beneficios a la empresa.

3.8.1. Selección de un sistema UPS o banco de baterías

Mediante lo establecido en el punto anterior, la selección debería realizarse por equipos que ofrezcan un sistema de backup de alto rendimiento. Podría ser de 3 KVA full carga, que garantice redundancia entre aproximadamente cuatro a cinco horas a los equipos de comunicación, mientras se realicen cortes programados o reparaciones eléctricas.

3.9. Esquematación del diseño de red de respaldo al sistema SCADA

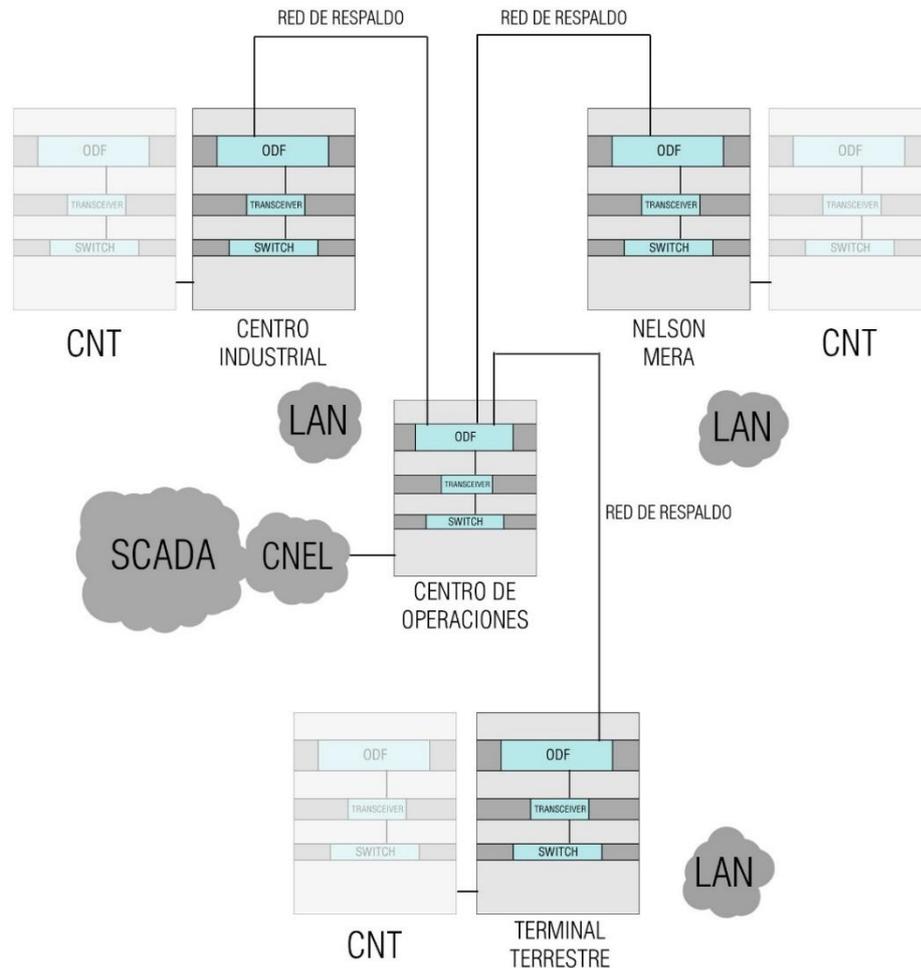


Figura 3. 18: Esquema final del diseño de red de respaldo de fibra óptica al sistema SCADA.
Elaborado por: Autor.

La figura 3.18 sería el esquema final, el cual aportaría a la mejora del sistema de comunicación de la empresa eléctrica CNEL EP. Cuando los enlaces existentes; implementados por CNT EP y que se encuentran operando actualmente, sufran anomalías y dejen de funcionar, el nuevo diseño de red sería el encargado de suplir su función y continuar con el proceso de comunicación que mantiene la entidad pública. De esa forma, el sistema SCADA funcionaría 24/7 los 365 días del año por medio de un enlace redundante.

3.10. Aportación de la red a la confidencialidad de CNEL EP

Lógicamente, con la construcción de este nuevo diseño de red se obtendría mayor confidencialidad de información, ya que todo tráfico y acción se generaría a través de la red independiente de CNEL EP. Esta protección beneficiaría positivamente, de esta manera, no existirían intervenciones ajenas a la empresa, que puedan provocar daños y alteraciones en el sistema de la misma.

3.11. Análisis presupuestario

En la tabla 3.7 a continuación, se detalla esencialmente el costo de la fibra G.652 de 8 hilos para las distancias que se necesitarían para poder implementar el diseño de red de fibra óptica elaborado en el presente trabajo de titulación para cada una de las subestaciones eléctricas Centro Industrial, Nelson Mera y Terminal Terrestre, incluido el valor de instalación.

Se especifica el valor total para cada tramo, donde el suministro y tendido de cable aéreo tiene un valor unitario de \$2,25 mientras que el suministro y tendido canalizado tiene el costo de \$2,11.

Tabla 3. 7: Costo total del tendido de la fibra aérea y canalizada para cada subestación.

Cantidad	Unidad	Descripción	Precio Unidad	Precio Total
4.830	m	Suministro y tendido de cable aéreo de 8 fibras ópticas monomodo G.652 para la subestación Centro Industrial.	\$2,25	\$10.867,50
2.230	m	Suministro y tendido de cable canalizado de 8 hilos de fibra óptica monomodo G.652 para la subestación Centro Industrial.	\$2,11	\$4.705,30
2.200	m	Suministro y tendido de cable aéreo de 8 fibras ópticas monomodo G.652 para la subestación Nelson Mera.	\$2,25	\$4.950,00
1.430	m	Suministro y tendido de cable canalizado de 8 hilos de fibra óptica monomodo G.652 para la subestación Nelson Mera.	\$2,11	\$3.017,30
1.110	m	Suministro y tendido de cable aéreo de 8 fibras ópticas monomodo G.652 para la subestación Terminal Terrestre.	\$2,25	\$2.497,50
30	m	Suministro y tendido de cable canalizado de 8 hilos de fibra óptica monomodo G.652 para la subestación Terminal Terrestre.	\$2,11	\$63,30
Total				\$26.100,90

Elaborado por: Autor.

Todos los costos del mercado han sido seleccionados teniendo como prioridad el ahorro económico de CNEL EP, la cual lograría invertir poco y obtener una nueva red que sea redundante para el sistema SCADA, brindando mejoras al sistema eléctrico.

El costo total del proyecto sería de \$34.572,35 donde se suman los valores totales de cable por los 11,83 km que posee la red y los valores de los elementos de comunicaciones necesarios para una implementación correcta.

Tabla 3. 8: Costo de los elementos que componen el diseño de red de fibra óptica.

Cantidad	Unidad	Descripción	Precio Unidad	Precio Total
4	c/u	Suministro y colocación de ODF de 12 puertos con Pig Tails SC/APC para G.652.	\$260,68	\$1.042,72
4	c/u	Suministro y colocación de caja terminal interior de 8 puertos SC/APC	\$145,70	\$582,80
6	c/u	Suministro y colocación de manga aérea porta splitter de 12 tipo domo.	\$190,90	\$1.145,40
6	c/u	Suministro y colocación de manga subterránea porta splitter de 12 tipo domo.	\$285,19	\$1.711,14
5	c/u	Suministro y colocación de manga aérea para fusión de 8 fibras ópticas.	\$185,55	\$927,75
4	c/u	Suministro y colocación splitter PLC (1x8) conectorizado.	\$142,40	\$569,60
6	c/u	Suministro y colocación herraje para manga tipo domo subterránea 12 a 48.	\$11,70	\$70,20
6	c/u	Suministro y colocación de subida mural para fibra óptica.	\$52,05	\$312,30
35	c/u	Suministro y colocación de conector mecánico SC para fibra óptica.	\$2,00	\$70,00
6	c/u	Instalación de porta reservas fibra óptica en pozos.	\$4,00	\$24,00
6	c/u	Manguera de subida a poste.	\$2,95	\$17,70
8	c/u	Herraje de canalización para puente.	\$42,33	\$338,64
4	c/u	Transceiver SC monomodo.	\$79,00	\$316,00
8	c/u	Cinta eriband de ¾.	\$35,40	\$283,20
4	c/u	Switch para fibra monomodo.	\$75,00	\$300,00
50	c/u	Tapones de anclaje y sellado.	\$15,20	\$760,00
Total				\$6.471,45

Elaborado por: Autor.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- A través de este proyecto, se realizó el diseño de red con la obtención de las ubicaciones de las subestaciones eléctricas y con las rutas más convenientes que tiene la ciudad de Babahoyo, dándole seguridad y firmeza a la fibra óptica para que tenga un tendido sin ninguna obstrucción, asegurando que sería un proyecto muy favorable para la empresa, donde su implementación conseguiría diversos beneficios.
- Debido a que la ciudad de Babahoyo se encuentra actualmente en tiempos de regeneración urbana, sería una oportunidad de obtener facilidades para poder llevar a cabo la imposición de este diseño de red, ya que justamente las rutas de los enlaces de cada subestación eléctrica recorren las avenidas regeneradas con pozos y postes disponibles.
- La gran aportación de esta red al sistema de monitoreo SCADA ayudaría a que opere constantemente las 24 horas durante todo el año. dándole eficiencia al sistema eléctrico en general, por lo que los enlaces redundantes darían la oportunidad de disminuir el número de probabilidades de fallos.
- La correcta instalación e implementación de esta nueva red de respaldo serviría de apoyo a la confidencialidad de la empresa eléctrica, por medio de diversos elementos en la arquitectura en sus nodos.

4.2. Recomendaciones

- Por tema de seguridad para la empresa eléctrica CNEL EP, se recomienda implementar este nuevo diseño de red desarrollado en el presente proyecto, para otorgar mayor eficacia en todas las labores que se realicen dentro de la entidad pública.
- Verificar que el personal que esté a cargo de los nodos en cada subestación eléctrica, tenga la capacidad de poder operar y controlar las arquitecturas equipadas con elementos de comunicación, y mandos que se originen en el Centro de Operaciones en la empresa eléctrica CNEL EP.
- En los cálculos realizados en el presupuesto óptico, sería conveniente seleccionar la ventana de transmisión de 1550 nm, ya que en ella se registraron los valores de pérdidas más bajos que pueden existir en los enlaces de comunicación.
- Para un mejor monitoreo de información, se aconseja utilizar el software What's Up Gold, el mismo que permite adquirir de forma fácil toda aquella información transmitida a través de los enlaces que serían implementados en cada subestación.
- También existe la posibilidad de incluir protocolos como RTP/RTCP, que brindan una mayor confidencialidad e información de manera exacta la calidad del servicio que se está entregando.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 4S Products. (2012, septiembre 26). G.655 - Single-mode Optical Fiber. Recuperado el 21 de febrero de 2017, a partir de <http://www.4sproducts.com/g-655-single-mode-optical-fiber/>
- ALEBEN, A. T.-G. (2013). Fibra Óptica - Qué es y Cómo funciona. Recuperado el 10 de diciembre de 2016, a partir de <http://www.alebentelecom.es/servicios-informaticos/faqs/fibra-optica-que-es-y-como-funciona>
- CMM. (2016). Topología de red. Recuperado el 5 de enero de 2017, a partir de <http://es.ccm.net/contents/256-topologia-de-red>
- CNT EP. (2015). Normativas de Instalaciones para Clientes Finales en Redes FTTH - GPON.
- CNT EP. (2016). Normas de Construcción de Planta Externa con Fibra Óptica.
- Corrales, L. (2007, diciembre). *Repositorio Digital - EPN*. Universidad Politécnica Nacional. Recuperado a partir de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf>
- De Castro Lozano, C., & Romero Morales, C. (2016). Introducción a SCADA. Recuperado a partir de <http://www.uco.es/investiga/grupos/eatco/automatica/ihm/descargar/scada.pdf>
- ElectroIndustria. (2012). Revista Electroindustria - SCADA para redes de transmisión y distribución eléctrica: Facilitando el manejo del coloso eléctrico. Recuperado el 13 de enero de 2017, a partir de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1817>

- Fernandez Barcell, M. (2016). Red de Acceso. Recuperado a partir de <http://www.mfbarcell.es/>
- Fibremex. (2016). Fibremex | Lideres en Fibra Optica - Mexico. Recuperado el 12 de enero de 2017, a partir de <http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=contenido&id=3&t=3&st=17>
- FOA. (2014). Empalmes y Conectores. Recuperado el 12 de enero de 2017, a partir de <http://www.thefoa.org/ESP/Conectores.htm>
- Gui, A. (2015). Basic of Optical Distribution Frame (ODF) - Tutorials Of Fiber Optic Products. Recuperado el 4 de enero de 2017, a partir de <http://www.fiber-optic-tutorial.com/basic-of-optical-distribution-frame-odf.html>
- Lorenti, R. (2014). *Estudio y diseño de una red FTTB GPON de fibra óptica para servicio de voz, video y datos para el edificio de la Facultad de Especialidades Empresariales de la UCSG*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Recuperado a partir de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/2833>
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2016). Nueva subestación eléctrica beneficiará al cantón Palenque – Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Recuperado a partir de <http://www.energia.gob.ec/nueva-subestacion-electrica-beneficiara-al-canton-palenque/>
- NTDhoy, S.L. (2012). Como hacer un Empalme por Fusión | Foro técnico para instaladores de fibra óptica. Recuperado el 12 de enero de 2017, a partir de <http://www.fibraopticahoy.com/blog/empalme-por-fusion/>

- Pech, G. (2013, abril 5). “ Concepto De Redes ”: MEDIOS DE TRANSMISION Y TOPOLOGIAS. Recuperado a partir de <http://concepredes.blogspot.com/2013/04/medios-de-transmision.html>
- Penin, A. R. (2012). *Sistemas SCADA*. Marcombo.
- Perez, P. F. (2005). *Parametros de Fibra Óptica*. UTN - Facultad Regional Mendoza. Recuperado a partir de <http://www1.frm.utn.edu.ar/menu/>
- Santa Cruz, O. (2016). *Introducción a Calculos de la Fibra Óptica*. Universidad Tecnológica Nacional - Faculta Regional Córdoba. Recuperado a partir de <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduFOcalculos.pdf>
- Siles Castro, C. (2012). *Repositorio Digital - TEC*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Recuperado a partir de http://bibliodigital.itcr.ac.cr/bitstream/handle/2238/3007/Informe_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Suarez Ruiz, R. G. (2015). *Diseño de una red de fibra óptica inteligente IODN para el Centro Comercial Plaza Lagos de Samborondon*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Recuperado a partir de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/3635>
- Telsome. (2015). Qué es la telefonía IP y Precios / Telsome. Telefonía IP a coste Inteligente. Recuperado el 12 de enero de 2017, a partir de <https://www.telsome.es/que-es-telefonía-ip-vozip.html#que-es>
- twenergy. (2015, junio 24). ¿Qué son las subestaciones eléctricas y para qué sirven? Recuperado el 6 de enero de 2017, a partir de <http://twenergy.com/co/a/que-son-las-subestaciones-electricas-y-para-que-sirven-1759>

Universidad Autónoma de Guadalajara A.C. (2002). Manual de Comunicaciones

Electrónicas - Topología de Red. Recuperado el 5 de enero de 2017, a partir de http://genesis.uag.mx/edmedia/material/comuelectro/uni1_2_7.cfm

Vite Romero, R. A. (2015). *Estudio de los sistemas de control y monitoreo en una subestación eléctrica y propuesta de un diseño para un Sistema Scada.*

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Recuperado a partir de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/3586>

ANEXOS

ANEXO I

Autorización al registro del nombre de CNEL EP en el presente proyecto y al ingreso a cada una de las subestaciones eléctricas de la ciudad de Babahoyo, otorgado por el Ing. Reymont Castillo Sandoval, Administrador de la Unidad de Negocio de Los Ríos.

Para: Ing. Manuel Romero Paz.
DECANO DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA

Asunto: Autorización para vinculación de Proyectos académicos interinstitucionales.

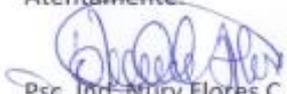
Fecha: 16 de enero de 2017

En atención a Oficio Nro. DFTC-042-2017 de fecha 6 de enero de 2017, en el cual solicita que el Sr. **JAVIER ANDRES VELASCO BURBANO**, estudiante de la Carrera Ingeniería en Telecomunicaciones, registre el nombre de la entidad CNEL en el trabajo de Titulación denominado Diseño de una Red de Respaldo de Fibra Óptica al Sistema de Monitreo y Scada para las Subestaciones Eléctricas de CNEL EP de la ciudad de Babahoyo.

En virtud de lo expuesto, me sirvo a indicar que con fecha 6 de enero del presente año, el Administrador de la Unidad de Negocio, Autoriza que el mencionado estudiante utilice el nombre de CNEL EP en su proyecto y se le brindara todas las facilidades de ingreso a cada una de las Sub estaciones de la ciudad de Babahoyo.

Particular que informo para los fines pertinentes.

Atentamente



Psc. **Ind. Nury Flores C.**
Líder de Talento Humano (E)





DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Velasco Burbano, Javier Andrés** con C.C: # 1206878652 autor del Trabajo de Titulación: **DISEÑO DE UNA RED DE RESPALDO DE FIBRA ÓPTICA AL SISTEMA DE MONITOREO SCADA PARA LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE CNEL EP EN LA CIUDAD DE BABAHOYO** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 16 de marzo de 2017

f. _____

Nombre: Velasco Burbano, Javier Andrés

C.C: 1206878652



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	DISEÑO DE UNA RED DE RESPALDO DE FIBRA ÓPTICA AL SISTEMA DE MONITOREO SCADA PARA LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE CNEL EP EN LA CIUDAD DE BABAHOYO.		
AUTOR(ES)	VELASCO BURBANO, JAVIER ANDRÉS		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. MARÍA LUZMILA RUILOVA AGUIRRE		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	16 de Marzo de 2017	No. DE PÁGINAS:	88
ÁREAS TEMÁTICAS:	Fibra óptica, Planta Externa		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Fibra óptica, SCADA, redundancia, nodos, subestación eléctrica, red, respaldo.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente proyecto de titulación abarca la realización del diseño de una red de fibra óptica, que sirva como respaldo al sistema de monitoreo SCADA que opera dentro del Centro de Operaciones de la empresa eléctrica CNEL EP en la ciudad de Babahoyo. Este diseño se ofrece como opción a las subestaciones eléctricas Centro Industrial, Nelson Mera y Terminal Terrestre que actualmente poseen un enlace no redundante y que no garantiza el servicio continuo de comunicación para la entidad pública.</p> <p>En el primer capítulo de este proyecto se presenta la introducción al mundo de las telecomunicaciones, se detalla esencialmente la problemática que posee la actual red de comunicación y los objetivos enfocados a la solución de la misma. Así mismo, el segundo capítulo engloba todo fundamento teórico necesario para el entendimiento de lo manifestado. El tercer capítulo, presenta todo el diseño de la red de respaldo con sus elementos, rutas de tendido de fibra óptica aéreo y subterráneo realizadas con los mapas de Google Earth, arquitecturas de los nodos de comunicación, servicios transmitidos a través de la red con su respectivo ancho de banda, esquemas y presupuestos. Por último, el cuarto capítulo comprende de las conclusiones y recomendaciones que se deberían tomar para la implementación del trabajo realizado.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-9-96579847	E-mail: javierandresv@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-68366762		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			