



**Aplicación de las guías de diseño y herramientas computacionales para sistemas de
distribución de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A.**

Bucay Tayupanda, Angel Ivan y Campoverde Mantuano, Kelvin Yoel

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico

Ing. Iturralde Alban, Javier Hernán

Latacunga, 07 de febrero del 2022



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, “**Aplicación de las guías de diseño y herramientas computacionales para sistemas de distribución de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A**” fue realizado por los señores **Bucay Tayupanda, Angel Ivan y Campoverde Mantuano, Kelvin Yoel** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 31 de enero del 2022

JAVIER
HERNAN
ITURRALDE
ALBAN

Firmado digitalmente
por JAVIER HERNAN
ITURRALDE ALBAN
Fecha: 2022.02.03
14:03:58 -05'00'

Ing. Iturralde Alban, Javier Hernán
C.C.: 0501399190



TESIS BUCAY - CAMPOVERDE.pdf

Scanned on: 0:51 February 1, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

| | |
|--------------------------|------|
| Identical Words | 313 |
| Words with Minor Changes | 32 |
| Paraphrased Words | 0 |
| Omitted Words | 2011 |

JAVIER HERNAN
ITURRALDE
ALBAN

Firmado digitalmente
por JAVIER HERNAN
ITURRALDE ALBAN
Fecha: 2022.02.04
11:48:32 -05'00'



Website | Education | Businesses



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

Responsabilidad de autoría

Nosotros, **Bucay Tayupanda, Angel Ivan y Campoverde Mantuano, Kelvin Yoel**, con cédulas de ciudadanía **C.C.: 1724515752** y **C.C.: 1725441412**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Aplicación de las guías de diseño y herramientas computacionales para sistemas de distribución de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 07 de febrero del 2022

Bucay Tayupanda, Angel Ivan
C.C.: 1724515752

Campoverde Mantuano, Kelvin Yoel
C.C.: 1725441412



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

Autorización de publicación

Nosotros, **Bucay Tayupanda, Angel Ivan y Campoverde Mantuano, Kelvin Yoel**, con cédulas de ciudadanía C.C.: 1724515752 y C.C.: 1725441412, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Aplicación de las guías de diseño y herramientas computacionales para sistemas de distribución de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 07 de febrero del 2022

Bucay Tayupanda, Angel Ivan

C.C.: 1724515752

Campoverde Mantuano, Kelvin Yoel

C.C.: 1725441412

Dedicatoria

Con mucho amor para los seres humanos más importantes en mi vida, mi familia.

Bucay Tayupanda, Angel Ivan

Dedicatoria

Dedico este proyecto a Dios quien me ha guiado durante el trayecto de mi carrera universitaria, al darme el valor, sabiduría y sobre todo salud, a mi abuelito quien me apoyó y me está cuidando desde el cielo, a mis padres Mariana Mantuano y Wilson Campoverde quienes me impulsaron a seguir creciendo profesionalmente y me ayudaron económicamente y por último y no menos importante a mi novia Carolina Taipe quien me ayudo y reconforto en las largas noches de estudio.

Campoverde Mantuano, Kelvin Yoel

Agradecimiento

Agradezco a mi familia, por darme lo que nunca nadie más podrá darme jamás, sus palabras sinceras, su amor sin reservas, y sobre todo la paz necesaria para concentrarme en mis objetivos.

A todas las personas que formaron parte de mi vida universitaria, a mis amigos y docentes que hicieron de esta etapa de mi vida, la mejor experiencia.

Y por último y no por eso menos importante, a mi tótem de la buena suerte, a mi compañera fiel durante todas las madrugadas de desvelo, a la que siempre estuvo ahí sin condición alguna a cualquier hora del día, a mi fuente de inspiración, que nada más bastaba verte dormida sobre mi escritorio para no sentirme solo, tomar aliento y trabajar a gusto, gracias Summer.

Bucay Tayupanda, Angel Ivan

Agradecimiento

Quiero agradecer a mi familia por apoyarme en cada decisión que he tomado, a mis padres que gracias a su sacrificio diario hoy soy un profesional, a Dios por permitirme finalizar mis estudios y guiarme por el buen camino y no permitir que nada malo me sucediera.

A mi novia y confidente quien es un pilar fundamental en mi crecimiento personal, a ella le agradezco que siempre tuvo una palabra de aliento y confort que hicieron que continúe esforzándome en cada fase universitaria.

A mis amigos que estuvieron acompañándome y ayudándome en cada momento de mi vida universitaria.

Y para concluir a mi hermano quien confió plenamente en mí y se preocupó por mi bienestar en mi etapa estudiantil.

Campoverde Mantuano, Kelvin Yoel

Tabla de contenidos

| | |
|--|----|
| Carátula..... | 1 |
| Certificación..... | 2 |
| Reporte de verificación de contenido | 3 |
| Responsabilidad de autoría..... | 4 |
| Autorización de publicación..... | 5 |
| Dedicatoria..... | 6 |
| Dedicatoria..... | 7 |
| Agradecimiento | 8 |
| Agradecimiento | 9 |
| Índice de tablas | 16 |
| Índice de figuras..... | 18 |
| Resumen | 20 |
| Abstract..... | 21 |
| Problema..... | 22 |
| Planteamiento del problema | 22 |
| Antecedentes | 22 |
| Justificación e importancia..... | 23 |
| Objetivos | 24 |
| <i>Objetivo general</i> | 24 |
| <i>Objetivos específicos</i> | 24 |
| Marco Teórico..... | 26 |
| Antecedentes investigativos..... | 26 |
| Fundamentación teórica..... | 27 |
| <i>Voltaje de servicio</i> | 27 |
| <i>Subestaciones y alimentadores</i> | 27 |

| | |
|--|-----------|
| <i>Organización por categorías de los usuarios según su consumo ...</i> | 28 |
| Categorización A | 29 |
| Categorización B | 29 |
| Categorización C | 29 |
| Categorización D | 29 |
| <i>Demanda</i> | 29 |
| Muestra y levantamiento de información | 29 |
| Demandas máximas unitarias | 30 |
| Demandas diversificadas | 30 |
| Demandas de diseño | 31 |
| <i>Regulación de voltaje</i> | 31 |
| Caídas de voltaje admisible dentro de ELEPCO S.A. | 31 |
| <i>Descripción de las normas para distribución EEQ S.A.</i> | 32 |
| Parte A: Guías de diseño para redes de distribución | 32 |
| Parte B: Estructuras tipo | 40 |
| Parte C: Descripción de materiales y equipos | 44 |
| <i>Descripción de las normas de distribución EEA S.A.</i> | 45 |
| Diseño, fiscalización y recepción de proyectos. | 45 |
| Factibilidad de servicio | 45 |
| Revisión de estudios de carga | 46 |
| Fiscalización y recepción de proyectos | 48 |
| Condiciones generales del sistema | 49 |
| Parámetros de diseño | 50 |
| Dimensionamiento | 51 |
| Conductores y secciones normales | 52 |
| Seccionamiento y protecciones | 52 |

| | |
|---|----|
| Redes subterráneas..... | 53 |
| Protecciones | 53 |
| Cámaras de transformación..... | 53 |
| Especificaciones técnicas..... | 54 |
| Cálculo de la demanda en redes subterráneas | 55 |
| <i>Alumbrado público general</i> | 55 |
| Fundamentación legal | 59 |
| Fundamentación conceptual..... | 61 |
| Hipótesis | 61 |
| Variables de la investigación | 62 |
| <i>Variable independiente</i> | 62 |
| <i>Variable dependiente</i> | 62 |
| Metodología | 63 |
| Modalidad de la investigación | 63 |
| <i>Método documental bibliográfico</i> | 63 |
| <i>Método experimental</i> | 63 |
| Tipos de investigación | 63 |
| <i>Investigación exploraría</i> | 63 |
| <i>Investigación descriptiva</i> | 64 |
| <i>Investigación bibliográfica</i> | 64 |
| Diseño de la investigación | 64 |
| Niveles de investigación | 65 |
| <i>Exploratorio</i> | 65 |
| <i>Descriptiva</i> | 65 |
| <i>Explicativa</i> | 65 |
| Técnicas de análisis de datos..... | 66 |

| | |
|---|------------|
| Técnicas de comprobación de hipótesis | 66 |
| Resultados de la investigación | 67 |
| Análisis de los resultados | 67 |
| <i>Herramienta computacional de determinación de la demanda.....</i> | <i>67</i> |
| <i>Herramienta computacional de caída de voltaje en bajo voltaje.....</i> | <i>71</i> |
| <i>Herramienta computacional de caída de voltaje en medio voltaje ...</i> | <i>75</i> |
| <i>Herramienta de elaboración de presupuestos referencial</i> | <i>79</i> |
| <i>Herramienta computacional de planilla de estructuras valorada</i> | <i>82</i> |
| <i>Parte A: Normas de diseño para redes de distribución eléctrica</i> | <i>85</i> |
| <i>Parte B: Unidades de construcción y de propiedad - UC UP</i> | <i>85</i> |
| <i>Parte C: Descripción y especificaciones de materiales y equipos ...</i> | <i>87</i> |
| Encuestas realizadas antes de presentar la investigación | 88 |
| Encuestas realizadas después de presentar la investigación..... | 99 |
| Discusión de los resultados..... | 103 |
| Comprobación de hipótesis | 104 |
| Propuesta..... | 105 |
| Tema de la propuesta | 105 |
| Datos informativos | 105 |
| Justificación de la propuesta..... | 105 |
| Objetivos | 106 |
| <i>Objetivo general</i> | <i>106</i> |
| <i>Objetivos específicos.....</i> | <i>106</i> |
| Fundamentación de la propuesta | 107 |
| Diseño de la propuesta..... | 107 |
| <i>Compilación de la información</i> | <i>108</i> |
| Unidades de propiedad y de construcción | 108 |

| | |
|--|------------|
| <i>Organización de la información</i> | 108 |
| <i>Cálculos para la caída de voltaje.....</i> | 109 |
| Cálculo de caída de voltaje en bajo voltaje..... | 109 |
| Cálculo de caída de voltaje en medio voltaje..... | 110 |
| <i>Cálculos para la determinación de la demanda.</i> | 110 |
| <i>Uso de las herramientas computacionales</i> | 110 |
| <i>Uso de la herramienta de determinación de la demanda</i> | 111 |
| Encabezado..... | 111 |
| Equipos eléctricos | 111 |
| Cálculo de la demanda | 112 |
| <i>Uso de la herramienta computacional de caída de voltaje en bajo voltaje 113</i> | |
| Encabezado..... | 113 |
| Diagrama | 113 |
| Cálculo de la caída de voltaje | 114 |
| <i>Uso de la herramienta de caída de voltaje en medio voltaje</i> | 116 |
| Encabezado..... | 116 |
| Diagrama | 117 |
| Cómputo de la caída de voltaje..... | 117 |
| <i>Uso de la herramienta de elaboración de presupuesto.....</i> | 120 |
| Encabezado..... | 120 |
| Lista de materiales..... | 121 |
| <i>Uso de la herramienta de plantilla de estructuras</i> | 122 |
| Encabezado..... | 122 |
| Planilla de estructuras valoradas | 122 |
| Metodología para ejecutar la propuesta..... | 123 |

| | |
|--|-----|
| Aspectos intrínsecos de la aplicación de las guías | 123 |
| Conclusiones y recomendaciones | 125 |
| Conclusiones | 125 |
| Recomendaciones | 126 |
| Bibliografía..... | 127 |
| Anexos | 130 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Códigos de subestaciones y alimentadores de la ELEPCO S.A. | 27 |
| Tabla 2 Voltaje nominal de la EEQ S.A. | 33 |
| Tabla 3 Demanda de diseño | 33 |
| Tabla 4 Voltaje de operación del sistema eléctrico de Ambato..... | 49 |
| Tabla 5 Nivel de cortocircuito simétrica..... | 50 |
| Tabla 6 Categorías de clientes según el área de construcción..... | 50 |
| Tabla 7 Valor de la demanda de diseño según su categoría..... | 51 |
| Tabla 8 Potencia aparente nominal de transformadores de distribución..... | 51 |
| Tabla 9 Calibre de conductores en redes primarias y secundarias..... | 52 |
| Tabla 10 Características de conductores aislados de 15 kV | 54 |
| Tabla 11 Demandas máximas unitarias por categorías..... | 55 |
| Tabla 12 Tipos de alumbrado para distintos tipos de vías..... | 56 |
| Tabla 13 Luminancia de vías | 57 |
| Tabla 14 Iluminancia promedio (lx) en las vías - valores mínimos..... | 58 |
| Tabla 15 Tipos de iluminación para distintas vías en sectores de ciclistas y peatones.. | 58 |
| Tabla 16 Cantidad mínima de luxes para vías de tráfico de personas..... | 59 |
| Tabla 17 Análisis estadístico de la elaboración de proyectos de distribución eléctrica ... | 89 |
| Tabla 18 Análisis estadístico de presentación de proyectos eléctricos..... | 90 |
| Tabla 19 Análisis estadístico de problemas con los formatos empleados | 91 |
| Tabla 20 Análisis estadístico de existencia de una persona encargada de capacitar | 92 |
| Tabla 21 Análisis estadístico de tipo de programas computacionales | 93 |
| Tabla 22 Análisis estadístico de guías de diseño dentro de ELEPCO S.A | 94 |
| Tabla 23 Análisis estadístico uso de guías de diseño | 95 |
| Tabla 24 Análisis estadístico del tiempo empleado para desarrollar documentación..... | 96 |
| Tabla 25 Análisis estadístico de herramientas computacionales..... | 97 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 26 <i>Análisis estadístico de información en la ELEPCO S.A</i> | 98 |
| Tabla 27 <i>Análisis estadístico de la disminución del tiempo empleado</i> | 99 |
| Tabla 28 <i>Análisis estadístico del tiempo empleado utilizando esta investigación</i> | 101 |
| Tabla 29 <i>Análisis estadístico de la recomendación de uso</i> | 102 |

Índice de figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1 Anexo 4.1 Determinación de la demanda | 71 |
| Figura 2 Anexo 4.2 Cómputo de caídas de voltaje en redes de bajo voltaje | 75 |
| Figura 3 Anexo 4.2 Cómputo de caídas de voltaje en redes de medio voltaje | 79 |
| Figura 4 Anexo 4.4 Planilla de presupuesto referencial | 82 |
| Figura 5 Anexo 4.5 Planilla de estructuras valoradas | 84 |
| Figura 6 Análisis estadístico de la elaboración de proyectos de distribución eléctrica .. | 89 |
| Figura 7 Análisis estadístico de presentación de proyectos eléctricos | 90 |
| Figura 8 Análisis estadístico de problemas con los formatos empleados..... | 91 |
| Figura 9 Análisis estadístico de existencia de una persona encargada de capacitar | 92 |
| Figura 10 Análisis estadístico de tipo de programas computacionales empleados | 93 |
| Figura 11 Análisis estadístico de guías de diseño dentro de ELEPCO S.A..... | 94 |
| Figura 12 Análisis estadístico uso de guías de diseño..... | 95 |
| Figura 13 Análisis estadístico del tiempo empleado para desarrollar documentación ... | 96 |
| Figura 14 Análisis estadístico de herramientas computacionales | 97 |
| Figura 15 Análisis estadístico de información en ELEPCO S.A | 98 |
| Figura 16 Análisis estadístico de la disminución del tiempo empleado | 100 |
| Figura 17 Análisis estadístico del tiempo empleado utilizando esta investigación..... | 101 |
| Figura 18 Análisis estadístico de la recomendación de uso..... | 102 |
| Figura 19 Selección de materiales..... | 111 |
| Figura 20 Encabezado de la herramienta de determinación de la demanda..... | 111 |
| Figura 21 Información de los equipos eléctricos | 112 |
| Figura 22 Cálculo de la potencia del transformador a implementar..... | 113 |
| Figura 23 Datos informativos del proyecto..... | 113 |
| Figura 24 Diagrama lineal de redes de bajo voltaje | 114 |
| Figura 25 Ítems para el cálculo de la caída de voltaje en redes de bajo voltaje | 114 |

| | |
|--|-----|
| Figura 26 <i>Datos de la red de bajo voltaje</i> | 115 |
| Figura 27 <i>Datos del conductor</i> | 115 |
| Figura 28 <i>Cómputo de la caída de voltaje en redes de bajo voltaje</i> | 116 |
| Figura 29 <i>Datos informativos del proyecto</i> | 117 |
| Figura 30 <i>Diagrama lineal de redes de medio voltaje</i> | 117 |
| Figura 31 <i>Ítems para el cálculo de la caída de voltaje en redes de medio voltaje</i> | 118 |
| Figura 32 <i>Datos de la red de medio voltaje</i> | 118 |
| Figura 33 <i>Demanda de diseño</i> | 119 |
| Figura 34 <i>Datos del conductor</i> | 119 |
| Figura 35 <i>Cómputo de la caída de voltaje en redes de medio voltaje</i> | 120 |
| Figura 36 <i>Encabezado de la herramienta de presupuesto referencial</i> | 120 |
| Figura 37 <i>Lista de materiales del presupuesto referencial</i> | 121 |
| Figura 38 <i>Lista desplegable de la Partida A</i> | 121 |
| Figura 39 <i>Encabezado de la planilla de estructuras valoradas</i> | 122 |
| Figura 40 <i>Selección de materiales e ingreso de datos</i> | 122 |

Resumen

El presente trabajo de titulación determina estándares para la presentación de documentos que son necesarios para la elaboración y aprobación de proyectos eléctricos de distribución de medio y bajo voltaje en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A., esto se logra mediante la elaboración y aplicación de guías de diseño intrínsecas de la empresa y mediante el desarrollo de herramientas computacionales en Macros del programa computacional Excel, toda esta información está basada generalmente en las unidades de propiedad y de construcción del MERNNR y en las normas de diseño de otras empresas de distribución de energía eléctrica en el Ecuador, esto permitió a los proyectistas y a los contratista externos, reducir el tiempo de elaboración de la documentación antes mencionada, de 48 horas a menos de 24 horas determinado por medio de encuestas. Se tiene cinco herramientas computacionales desarrolladas en Macros de Excel, las cuales cumplen diferentes propósitos como la determinación de la demanda eléctrica, el cálculo de caídas de voltaje en medio y bajo voltaje, la elaboración de presupuestos referenciales y la elaboración de planillas de estructuras valoradas, cada herramienta cuenta con una base de datos que ayuda al proyectista en la elaboración, por otra parte, las guías de diseño constan de tres partes que son: Parte A: Normas de diseño para redes de distribución eléctrica, Parte B: Unidades de construcción y de propiedad - UC UP y Parte C: Descripción y especificaciones de materiales y equipos.

Palabras clave:

- **GUÍAS DE DISEÑO**
- **PROYECTOS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN**
- **HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES**
- **UNIDADES DE PROPIEDAD**
- **UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN**

Abstract

This degree work determines standards for the presentation of documents that are necessary for the elaboration and approval of electrical projects of medium and low voltage distribution in Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A., This is achieved through the development and application of intrinsic design guides of the company and through the development of computational tools in Macros of the Excel computer program, all this information is generally based on the property and construction units of the MERNNR and the design standards of other electric power distribution companies in Ecuador, this allowed the designers and external contractors to reduce the time of elaboration of the above mentioned documentation, from 48 hours to less than 24 hours determined by means of surveys. There are five computational tools developed in Excel Macros, which fulfill different purposes such as the determination of the electrical demand, the calculation of voltage drops in medium and low voltage, the elaboration of referential budgets and the elaboration of valued structures spreadsheets, each tool has a data base that helps the designer in the elaboration, on the other hand, the design guides consist of three parts which are: Part A: Design standards for electrical distribution networks, Part B: Construction and property units - UC UP and Part C: Description and specifications of materials and equipment.

Key words:

- **DESIGN GUIDELINES**
- **ELECTRICAL DISTRIBUTION PROJECTS**
- **COMPUTATIONAL TOOLS**
- **PROPERTY UNITS**
- **CONSTRUCTION UNITS**

Capítulo I

1. Problema

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad varias de las Empresas Distribuidoras del sector eléctrico ecuatoriano cuentan con guías de diseño propias, las cuales ayudan en la ejecución de proyectos eléctricos de distribución, la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A. cuenta con guías desactualizadas por lo que presenta inconvenientes en la entrega de proyectos por parte de terceros, estos inconvenientes aumentan al no existir herramientas digitales que permitan un mejor manejo de la información, por ello es necesario la elaboración de herramientas digitales que coadyuve con la lista de los elementos en las redes, en la elaboración de presupuestos, cálculos de caída de voltajes, planillas de estructuras, determinación de la demanda entre otros. Por ello es necesario implementar este tipo de instrumentos que faciliten la recepción y la elaboración de la documentación concerniente a los proyectos eléctricos de distribución.

1.2. Antecedentes

Para la elaboración del presente proyecto, se toma en consideración las Unidades de Propiedad (UP) y las Unidades de Construcción (UC) para sistemas de distribución de energía eléctrica emitidas por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ex MEER)

Sánchez (2015), determina que la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A. debe cumplir con los nuevos requisitos establecidos por la introducción de tecnologías actuales como las cocinas de inducción, estas tecnologías son parte de la planificación nacional y deben ser contempladas para la construcción de nuevas redes o para el rediseño de las instalaciones existentes; la actualización de normas de diseño orienta y encamina todos los procesos de construcción de proyectos de electrificación.

Domínguez & Molina (2011), plantean en su publicación que los sistemas de distribución deben asegurar el suministro continuo de energía eléctrica de los consumidores al igual que el futuro crecimiento de su demanda, por lo cual es necesario que el diseño de las redes se encuentre dentro de la normativa, la misma que debe adaptarse a las nuevas y futuras tendencias tecnológicas.

Las guías de diseño para la construcción de redes de distribución de energía eléctrica en medio y bajo voltaje son de suma importancia, ya que permite a los contratistas externos cumplir con los lineamientos establecidos por ELEPCO S.A. con el fin de brindar un servicio de calidad en el menor tiempo posible.

1.3. Justificación e importancia

En la actualidad es necesaria la estandarización de documentos para ejecutar proyectos de construcción de redes de distribución en medio y bajo voltaje, debido a que existen inconvenientes en la entrega de documentos por parte de proyectistas y contratistas que ejecutan proyectos de este tipo, la ELEPCO S.A. cuenta con estos datos desactualizados y los proyectistas se basan en otras empresas eléctricas las cuales cuentan con características diferentes, generando aún más confusiones entre las partes involucradas. Unas guías de diseño apropiadas son importantes porque permiten a los proyectistas cumplir con los lineamientos establecidos por la ELEPCO S.A.

El manejo de herramientas computacionales con una base de datos reduce tiempos en la parte logística del proyecto, ya que estas cuentan con materiales precargados que normalmente se utilizan en la ejecución del proyecto, evitando equivocaciones por parte de los profesionales en los documentos necesarios para la entrega de proyectos.

El estudio de las caídas de voltaje permite categorizar el tipo de usuario que se encuentra conectado a la red, para que no exista una saturación de demanda en ciertos puntos y haya un correcto funcionamiento en todo el sistema de distribución, los

equipos eléctricos al trabajar con un menor voltaje generalmente a los finales de las redes, tienden a tener afecciones en su interior debido a que la corriente eléctrica se eleva, por esta razón es necesario el estudio de caídas de voltaje para que la red cumpla con los requerimientos impuestos por las regulaciones de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR).

Debido a la caída de voltaje dentro de los conductores de un circuito, el voltaje de operación en el equipo eléctrico será menor que el voltaje de salida de la fuente de alimentación, las cargas inductivas que operan a un voltaje inferior a lo que requieren suelen sobrecalentarse, lo que da como resultado una vida útil más corta del equipo y un mayor costo, así como inconvenientes para el cliente.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

Aplicar las guías de diseño y desarrollar herramientas computacionales para redes de distribución de medio y bajo voltaje en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A. para servir como soporte a los contratistas externos en la elaboración de proyectos eléctricos.

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Investigar las distintas guías de diseño de redes eléctricas de distribución existentes en el Ecuador con el fin de presentar un solo formato hábil para la ELEPCO S.A.
- Desarrollar herramientas computacionales, que ayuden a realizar cálculos de caída de voltaje en la red, determinación de la demanda, elaboración de presupuestos referenciales y cargar infraestructura de la red basado en la información disponible en la ELEPCO S.A.

- Comprobar el funcionamiento de las herramientas computacionales, mediante la comparación de proyectos aprobados por parte de ELEPCO S.A.
- Difundir el uso de las herramientas computacionales a constructores de redes de distribución de ELEPCO S.A. para facilitar la elaboración de documentos.

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1. Antecedentes investigativos

Las empresas de distribución de energía eléctrica, en este caso la ELEPCO S.A. emplea información para la construcción de redes de medio y bajo voltaje, por consiguiente, este proyecto busca facilitar el manejo de esto que es presentado por profesionales en el libre ejercicio, esto se logra mediante herramientas computacionales y guías de diseño que son armadas en base a organismos como el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables y empresas distribuidoras como la Empresa Eléctrica Quito (EEQ S.A.) y la Empresa Eléctrica Ambato (EEA S.A.)

Las guías de diseño se conformarán por tres partes importantes en el proceso de diseño, en la primera parte se abordará las normas y procesos para diseño, aprobación, fiscalización y recepción de proyectos; en la segunda parte se contemplará las unidades de propiedad y de construcción de redes de distribución, aquí se presenta las consideraciones para el dimensionamiento de las estructuras, instalaciones básicas, las separaciones mínimas, lista de materiales, elementos sustitutivos, entre otros; en la tercera parte se detallarán la descripción y especificaciones de materiales y equipos divididos en partidas, que son utilizados dentro de la empresa para el diseño eléctrico de distribución.

Las herramientas computacionales utilizarán como plataforma el programa Excel, ya que es de fácil acceso para la mayoría de personas, además su interfaz es dinámica para los usuarios, la herramienta contará con guías y comentarios que facilite el entendimiento y manejo del mismo, se presentarán todas las configuraciones posibles en cuanto a redes de distribución de medio y bajo voltaje, además las caídas de voltaje para los diferentes casos en las redes de distribución, en la elaboración de presupuestos referencial la división de los elementos será por partidas según se maneje

dentro de la empresa y para determinar la demanda se tendrán varias configuraciones como para redes aéreas y subterráneas.

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Voltaje de servicio

El sistema de subtransmisión de la ELEPCO S.A. Tiene un nivel de voltaje de 69 kV, el mismo que cuenta con 9 Subestaciones y 45 alimentadores primarios, cuenta con un sistema de distribución de energía eléctrica a 13.8 kV/7.96 kV en su mayoría y de 22 kV/12.7 kV en ciertos sectores, en bajo voltaje se dispone de 220/127 V para redes trifásicas y 240/120 V para redes monofásicas (Cocha & Toapanta, 2019).

2.2.2. Subestaciones y alimentadores

ELEPCO S.A. Cuenta con 9 Subestaciones y 45 alimentadores que ayudan a distribuir la energía eléctrica a toda la provincia, los cuales se presentan en la tabla 1 donde se especifica el código de cada uno (Razo, 2021).

Tabla 1

Códigos de subestaciones y alimentadores de la ELEPCO S.A.

| Subestación | Código | Alimentador | Código |
|-------------|--------|-----------------------------------|------------|
| El Calvario | 01CV | Oriental | 01CV13B1S1 |
| | | Industrial Sur | 01CV13B1S2 |
| | | Redes Subterráneas Centro Sur | 01CV13B1S3 |
| | | Latacunga Sur | 01CV13B1S4 |
| San Rafael | 02SR | Brigada Patria -La Caldera | 02SR13B1S1 |
| | | Sta. Rosa de Pichul- de Noviembre | 02SR13B1S2 |
| | | Interconexión El calvario | 02SR13B1S3 |
| | | Niágara | 02SR13B1S4 |
| Salcedo | 03SA | Salcedo Norte-Oriente | 03SA13B1S1 |
| | | Salcedo Centro | 03SA13B1S2 |
| | | Salcedo Sur | 03SA13B1S3 |
| | | Salcedo Occidental | 03SA13B1S4 |
| Mulaló | 04ML | | 04ML13B1S1 |

| Subestación | Código | Alimentador | Código |
|-------------|--------|---------------------------------|------------|
| | | Mulaló-Joseguango Bajo | |
| | | Saquisilí-Guayacana | 04ML13B1S2 |
| | | Libre | 04ML13B1S3 |
| | | PROVEFRUT-Brigada Patria | 04ML13B1S4 |
| | | Libre | 04ML13B1S5 |
| | | Pastocalle-Toacazo | 05LA13B1S1 |
| | | Tenicuchí-Río Blanco | 05LA13B1S2 |
| Lasso | 05LA | Chasqui-San Agustín | 05LA13B1S3 |
| | | Lasso Centro-Sur | 05LA13B1S4 |
| | | ACOSA | 05LA13B1S5 |
| | | Familia SANCELA | 05LA13B1S6 |
| | | Yugsiloma | 06CH13B1S1 |
| | | Interconexión El calvario | 06CH13B1S2 |
| La Cocha | 06CH | Redes Subterráneas Centro Norte | 06CH13B1S3 |
| | | FAE | 06CH13B1S4 |
| | | Latacunga Norte-Aláquez | 06CH13B1S5 |
| | | Sigchos Centro-Chigchillan | 08SG13B1S1 |
| Sigchos | 08SG | Las Manzanas-San Francisco | 08SG13B1S2 |
| | | Libre | 08SG13B1S3 |
| | | La Maná-Pucayacu-EI Estado | 09MA13B1S1 |
| La Maná | 09MA | La Maná-CAtazación-EI Corazón | 09MA13B1S2 |
| | | La Victoria-Isinche-Zumbahua | 10PJ13B1S1 |
| Pujilí | 10PJ | Pujilí Centro-Alpamalag | 10PJ13B1S2 |
| | | Libre | 10PJ13B1S3 |
| | | Libre | 10PJ13B1S4 |

Nota. Esta tabla muestra las Subestaciones de la ELEPCO S.A. y su codificación.

Recuperado de (Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., 2021).

2.2.3. Organización por categorías de los usuarios según su consumo

La categorización en la ciudad de Latacunga por parte de la ELEPCO S.A. se efectúa mediante un estudio del consumo mensual de los usuarios y como resultado se obtuvo cuatro categorías A, B, C y D las mismas que ayudan al diseño de redes eléctricas de distribución aéreas y subterráneas en cálculos de determinación de la

demanda eléctrica y de caídas de voltaje en medio y bajo voltaje (Orellana & Pañi, 2015).

2.2.3.1. Categorización A

Los clientes que cuentan con un consumo de energía eléctrica mensual mayor o igual a 351 kWh se encuentran dentro de esta categorización, aquí se encuentran las zonas urbanas centrales y proyectos comerciales o residenciales con mayor plusvalía de la provincia pertenecientes a la zona concerniente de la empresa eléctrica (Orellana & Pañi, 2015).

2.2.3.2. Categorización B

Los clientes que cuentan con un consumo de energía eléctrica mensual entre 111 kWh hasta los 350 kWh están dentro de esta categorización, aquí se encuentra la mayoría de los usuarios de las zonas periféricas pertenecientes a la zona concerniente de la empresa eléctrica (Orellana & Pañi, 2015).

2.2.3.3. Categorización C

Los clientes que cuentan con un consumo de energía eléctrica mensual entre 51 kWh hasta los 110 kWh están dentro de esta categorización, aquí se encuentran los usuarios de las zonas periféricas pertenecientes a la zona concerniente de la empresa eléctrica (Orellana & Pañi, 2015).

2.2.3.4. Categorización D

Los clientes que tienen un consumo de energía eléctrica mensual menor o igual a 50 kWh, aquí se encuentra gran parte del sector rural pertenecientes a la zona concerniente de la empresa eléctrica (Orellana & Pañi, 2015).

2.2.4. Demanda

2.2.4.1. Muestra y levantamiento de información

Espacio Muestral. Se consideran los registros obtenidos a través de una medición directa de campo con la ayuda de registradores designados a la salida de los

transformadores de distribución, con esta información se puede acceder a una caracterización de tipos de usuarios de acuerdo a la población, dando rasgos como el comportamiento y la forma de consumo de la energía eléctrica dentro del espacio muestral.

Métodos de muestreo. Mediante métodos estadísticos se puede determinar el tamaño de la muestra necesaria que ayude a reflejar las características existentes del total de la población, la característica elegida debe consistir de la menor variabilidad posible respecto a los datos presentados por la empresa eléctrica en cuestión, a continuación, se presentan algunos métodos existentes para determinar estos valores requeridos (Otzen & Manterola, 2017).

- Método de muestreo aleatorio
- Método de muestreo estratificado
- Método de muestreo aleatorio por conglomerados
- Métodos de muestreo probabilísticos
- Métodos de muestreo no probabilísticos

2.2.4.2. Demandas máximas unitarias

Se conoce como demanda máxima unitaria al valor máximo de potencia que requiere el consumidor residencial, industrial o comercial particular en un intervalo determinado, esta demanda es determinada mediante la carga que tiene el consumidor instalado y la utilización de factores como el de simultaneidad y de frecuencia de uso (Albarrasín, 2014).

2.2.4.3. Demandas diversificadas

La demanda diversificada se constituye por varias cargas, se obtiene la media de un grupo de cargas sobre un lapso particular, además se delimita como la adición de

todas las demandas de cada una de las cargas sobre el mismo intervalo de tiempo (Cevallos, 2015).

2.2.4.4. Demandas de diseño

Para la demanda de diseño se debe definir la categoría a la que está vinculada el usuario o cliente en cuestión, de igual forma se debe establecer la demanda máxima unitaria tanto en condiciones actuales como con una proyección de 10 años, convirtiéndose en demanda máxima unitaria proyectada (Empresa Eléctrica Quito S.A., 2021).

La ecuación 1 se utiliza para determinar la demanda de diseño en un punto supuesto en la red y se detalla a continuación:

$$DD = \frac{DMU_p * N}{FD} + CE + AP \quad (1)$$

Donde:

DD: Demanda de diseño [kVA]

DMUp: Demanda máxima unitaria proyectada [kVA]

N: Número de usuarios

FD: Factor de diversidad

CE: Cargas especiales puntuales [kVA]

AP: Carga de alumbrado público [kVA]

2.2.5. Regulación de voltaje.

2.2.5.1. Caídas de voltaje admisible dentro de ELEPCO S.A.

La variación de voltaje permitida en el punto más apartado de la fuente de alimentación para medio voltaje se encuentra en el rango de $\pm 5\%$ y para bajo voltaje el rango es de $\pm 8\%$, estos valores son admitidos en ELEPCO S.A ya que toma como referencia a la regulación No. ARCERNNR 002/20 denominada 'Calidad del servicio de distribución y comercialización de la energía eléctrica' y sus futuras sustitutivas

(AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 2020).

2.2.6. Descripción de las normas para sistemas de distribución EEQ S.A.

Las normas para sistemas de distribución de la EEQ S.A. cuenta con tres partes diferentes detallados a continuación:

2.2.6.1. Parte A: Guías de diseño para redes de distribución

Características. Para caracterizar de manera general el Sistema Eléctrico de Potencia controlado por la EEQ S.A. se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

- El área urbana de Quito cuenta en su extremo con un anillo en Alto Voltaje que constituye el sistema de transmisión y subtransmisión del cual se desprenden nuevas líneas que se dirigen a los diferentes puntos de distribución de la energía.
- Existen dos tipos de instalaciones para redes de distribución, la instalación aérea está ubicada en la periferia de la ciudad y en la parte rural sobre estructuras que generalmente tienen conductores desnudos, la instalación subterránea se encuentra en el espacio céntrico y comercial de la ciudad, también en partes urbanas que muestran condiciones especiales por diferentes condiciones.
- Se aplican dos esquemas de conexión para la red eléctrica de distribución, el esquema radial que principalmente es utilizado para la red de medio voltaje, en instalaciones aéreas y subterráneas, también el esquema mallado que es utilizado para instalaciones subterráneas de bajo voltaje en el espacio céntrico y comercial de la ciudad.

- Los valores de voltaje nominal para dar servicio en las diferentes partes del sistema de distribución de EEQ S.A., se detallan en la tabla 2 a continuación.

Tabla 2

Voltaje nominal de la EEQ S.A.

| Parte del sistema | Unidad | Valor |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|
| Transmisión | kilovoltio [kV] | 138 - 230 |
| Subtransmisión | kilovoltio [kV] | 46 - 69 |
| Alimentadores y redes primarias | kilovoltio [kV] | 6.3 22,8 / 13,2 13,2 / 7,62 |
| Circuitos secundarios trifásicos | voltio [V] | 220 / 127 |
| Circuitos secundarios monofásicos | voltio [V] | 240 / 120 |

Nota. Esta tabla muestra el nivel de voltaje nomina con su unidad para la EEQ S.A.

Recuperado de (Empresa Eléctrica Quito S.A., 2021).

Parámetros de diseño. Se muestran aquí algunos criterios y valores detallados por la EEQ S.A. para guiarse en el diseño de redes de distribución, para eso se necesita clasificar a los consumidores, los primeros son los residenciales que se subclasifican de primero, segundo y tercer grado, los segundos son los consumidores comerciales e industriales.

De la siguiente manera en la tabla 3 se muestra cómo se determina la demanda de diseño para los diferentes consumidores.

Tabla 3

Demanda de diseño

| Consumidor | Fórmula | Siglas |
|-------------------|---|--|
| Residencial | $DD = \frac{DMD + D_{AP} + D_{PT}}{FP}$ | <i>DD: Demanda de diseño [kVA]</i> <i>DMD: Demanda máxima diversificada</i> <i>D_{AP}: Demanda de alumbrado público [kW]</i> <i>D_{PT}: Demanda de pérdidas técnicas resistivas</i> |

| Consumidor | Fórmula | Siglas |
|---|--------------------------------|---|
| Cámaras de transformación residenciales | $DD = \frac{DMD + D_{PT}}{FP}$ | <p><i>FP: Factor de Potencia (0.95)</i> <i>DD: Demanda de diseño [kVA]</i> <i>DMD: Demanda máxima diversificada</i> <i>D_{PT}: Demanda de pérdidas técnicas resistivas</i> <i>FP: Factor de Potencia (0.95)</i> <i>DD: Demanda de diseño</i></p> |
| Comercial e industrial | $DD = \frac{DMU * N}{FD}$ | <p><i>DMU: Demanda máxima unitaria</i> <i>N: Número de incidentes</i> <i>FD: Factor de diversidad</i></p> |

Nota. Esta tabla muestra diferentes formas de obtener la demanda de diseño.

Recuperado de (Empresa Eléctrica Quito S.A., 2021).

El total de usuarios para cierto proyecto se determina mediante la adición de los existentes y los usuarios proyectados, los primeros se obtienen del software GIS y los segundos se calculan mediante factores verídicos de crecimiento poblacional.

Dimensionamiento de elementos y trazado. El trazar la red de distribución determina identificar los lugares físicos donde van sus componentes, entre estos están las estructuras, transformadores, tableros, canalizaciones, contadores de energía, entre otros, también consiste en determinar por donde se llevarán los conductores de los circuitos. El ejecutor del proyecto debe considerar todas las variables como salvaguardar la integridad física de las personas, de la infraestructura civil y de la nueva red.

Los transformadores que se instalan de forma aérea deben instalarse sobre estructuras que eviten los ángulos y que tampoco sean el fin de una red para eliminar tensiones longitudinales, para ubicar estos elementos se toma en consideración varios aspectos como lugares que no tenga tanta afluencia vehicular, que no sean intersecciones, para así evitar la colisión y el derrumbamiento de este elemento importante.

Los contadores de energía y los tableros deben instalarse en sitios que no sean destinados para el estacionamiento de vehículos, de preferencia deben ser lugares

como fachadas laterales o frontales, accesos principales a las viviendas y hasta en lugares donde exista circulación de personas, deben estar lejos de materiales tanto inflamables como tóxicos, y nunca compartir lugar con otro elemento del sistema eléctrico.

Los postes son los elementos de la red más con más vulnerabilidad por ser los que soportan a los demás elementos, además porque estos impiden el libre tránsito a los peatones de las aceras y son un impedimento para acceder a los hogares con vehículos, por esta razón en el diseño se debe tener en cuenta estos aspecto para que no afecte en gran medida a la dinámica del lugar a instalarse la red de distribución, de preferencia estos se instalan en la intersección que se genera entre vivienda y vivienda, debido que estos elementos se soportar las luminarias viales, la separación entre estos debe ser uniformes para lograr cumplir con parámetros específicos de este servicio.

Las conexiones a tierra en la red se efectúan como mínimo para zonas urbanas, en los transformadores y en dos puntos del secundario que tengan mayor longitud, en cambio para zonas rurales la misma conexión, pero con conexiones cada doscientos metros en intersecciones de larga distancia. Los circuitos primarios que cuentan con neutro se intercalan conexiones cada trescientos metros, además del final de la red.

Protección y seccionamiento para redes de distribución. Los elementos de protección y seccionamiento para las redes son distintos tanto para redes aéreas como subterráneas, algunos de estos elementos tienen la posibilidad de automatizar dependiendo de la tecnología de la red, las más importantes de detallan a continuación:

- Reconectores
- Seccionalizadores
- Seccionador unipolar de operación con carga
- Seccionadores tipo barra

- Seccionadores unipolares y tripolares
- Conector aislador tipo T
- Barras aisladas

Los elementos de protección contra sobrecorrientes en niveles de bajo voltaje son fusibles unipolares colocados en bases con buen aislamiento y soporte, el elemento de corte se asocia a una estructura de cerámica y a un contacto que secciona la línea, también se instalan interruptores electromagnéticos.

Los elementos de protección contra sobrevoltajes que se encuentran al aire libre son pararrayos o supresores de sobrevoltaje, generalmente cuentan con un disipador y su cuerpo es elaborado con polímeros, la categoría de estos elementos es de acuerdo al tipo de usuario donde la red brinde servicio, siendo la categoría C de pararrayos para usuarios más exigentes con instrumentos electrónicos conectados a la red, para los usuarios menos exigentes se instala de categorías menores.

la red primaria aérea tendrá siempre una configuración radial, con la finalidad de instalar elementos para seccionar y proteger la red, estos elementos permitirán que frente a alguna contingencia se seccionen solo tramos para que no todos los elementos se desconecten, protegiendo también a los más vulnerables y a los más difíciles de reemplazar de manera inmediata, estos elementos permitirán seccionar hasta 400 kVA de potencia aparente.

Las corrientes a plena carga y de falla del sistema se determinan mediante un estudio que lo realizará el encargado del proyecto, esto se hace para determinar las características de los elementos de protección y el lugar propicio donde serán instalados para que no haya interferencias entre estos, a esto se le llama la coordinación de protecciones eléctricas, es preferible para EEQ S.A. realizarlo de acuerdo al "Distribution System Protection Manual" que fue elaborado por McGRAW.

Para proteger a los transformadores de sistemas de distribución contra sobre corriente, en el lado primario se instalan seccionadores fusibles equipados con fusibles que tienen características acordes a la potencia nominal del transformador a proteger, en cambio en el lado secundario se instalarán fusibles limitadores de corriente, las especificaciones de esta protección se detallan en las normas VDE que van también acorde a la potencia del transformador de distribución.

Canalizaciones, estructuras y transformadores. Para la elección de las estructuras hay que respetar límites de utilización que va de acuerdo a características intrínsecas del lugar donde se instale la red, por lo general para los materiales de los equipos que fijan a los demás elementos se pone en consideración aspectos como el nivel de voltaje, se utilizan postes hechos de hormigón circulares, crucetas de metal y la fijación es con abrazaderas en zonas urbanas y rurales de la ciudad que tengan un nivel de voltaje de 6.3 kV, 13.2 kV y 22.8 kV en el lado primario del transformador de distribución, el elemento que varía si se presentan condiciones dificultosas de accesibilidad es el poste que puede ser de otro material, esto con previa autorización del fiscalizador encargado.

Los elementos que ayudan a los postes a soportar tensiones longitudinales y transversales son los tensores y anclajes, para seleccionarlos hay que primero obtener el esfuerzo resultante sobre este y así determinar su diámetro, la posición de estos elementos deberá ser asignada tal que no interfieran con la dinámica del espacio donde se instalen, es decir no interrumpirán el tránsito vehicular ni peatonal, el aspecto visual también es un factor importante en su implementación.

Todas las cámaras para redes de distribución subterráneas están normalizadas y se seleccionan de acuerdo a factores como la capacidad de los transformadores, el calibre de los conductores y la ubicación de todos los elementos, en el diseño de estas cámaras están inmersas particularidades como el tipo y calidad del terreno, el drenaje,

el ancho de la acera, todo esto se analiza para que exista una armonía entre la instalación y las construcciones que existan en el entorno.

Materiales y equipos. Todos los elementos de la red de distribución se diseñarán para funcionar a su capacidad nominal y de manera continua, para asegurar la vida útil de los mismos, con factores de servicio como 3000 metros sobre el nivel del mar, temperaturas de 0 °C a 30 °C, una precipitación media anual de 1500 mm con humedad relativa del 70%, estas condiciones son dominantes dentro del área donde ejerce la EEQ S.A. Para el conjunto de elementos se muestran las propiedades elementales que deben ser cubiertas por el encargado del proyecto aparte de la capacidad específica del nuevo proyecto:

- Elementos de seccionamiento y protección: El medio de interrupción del arco en los interruptores automáticos será el Hexafluoruro de azufre (SF6) o el vacío, deberán tener conectado en serie algunos elementos para proteger contra sobrecargas y corrientes de cortocircuito, los pararrayos o supresores de sobrevoltaje son de óxido de zinc, diseñado para su intervención a una altura de 3000 msnm, se utiliza elementos de sujeción en cruceta o en barras aisladas para redes aéreas y subterráneas respectivamente. Todos los dispositivos de protección de corrientes de falla en el lado primario del transformador deben soportar como mínimo 5000 amperios de corriente de interrupción simétrica y 8000 amperios de corriente de interrupción asimétrica eficaz, a este parámetro se exceptúan los fusibles limitadores de corriente los cuales deben soportar mínimo 50 kA para el lado de alto voltaje y 100 kA para el lado de bajo voltaje.
- Aisladores: Los elementos que aíslan de tipo suspensión se fabrican de polímero o de porcelana, estos elementos deben tener elevada

resistencia mecánica y elevada rigidez dieléctrica, las partes de metal de estos elementos son galvanizados y deben cumplir requisitos de las normas del American National Standards Institute o ANSI.

- Conductores desnudos: Para sistemas de distribución se utilizarán conductores de aluminio desnudo, solo para casos particulares se utilizarán conductores de cobre. Los AAC son conductores de aluminio desnudo que son cableados de manera concéntrica con siete hilos hasta el calibre 4/0 AWG y con 19 hilos para mayores calibres, los ACSR son conductores de aluminio con alma de acero, son cableados como el conductor anterior y tienen una estructura de 6 a 1 hilos hasta el calibre 4/0 AWG y una estructura de 26 a 7 hilos para mayores calibres, los conductores de cobre se utilizan para conexiones a tierra, son cableados de manera concéntrica hecho de material estirado al frío, todos los conductores mencionados siguen designaciones de las normas ASTM con diferentes designaciones dependiendo del tipo de conductor.
- Conductores aislados: Estos conductores son de cobre en concordancia a las normas ASTM, son concéntricos y el aislamiento depende del nivel de voltaje, para 22.8 kV tienen aislamiento de polietileno sólido, está formado por varias capas, siendo la última de Policloruro de vinilo, este conductor sirve para instalaciones de red subterránea.
- Accesorios para conductores: Los accesorios para conductores de redes aéreas serán de sujeción con perno, preformado o de sujeción por compresión
- Postes: Las redes de distribución en zonas urbanas utilizarán sin distinción postes de hormigón, para la zona rural puede utilizarse también

postes de plástico reforzado, en ambos casos serán de sección circular, la EEQ debe aprobar el proceso de fabricación de los mismos, el cual debe ser normalizado.

Informe de proyectos. El proyecto eléctrico de distribución se presentará ante la EEQ S.A. para su aprobación con antelación a su ejecución, el contenido del informe del proyecto deberá facilitar la revisión por parte de la empresa.

Las hojas en donde se presentará el proyecto son de tamaño A4, en la parte superior de la hoja a la derecha se mencionara el número del proyecto que es asignado por la empresa distribuidora, se utilizará una hoja como separador entre secciones, las cuales deben tener el título de la sección al centro y con mayúsculas, cuyo ordenamiento se lo realiza por números romanos, la carpeta donde vayan todos los documentos se identificará con el nombre y número del proyecto, además del nombre del ingeniero proyectista.

2.2.6.2. Parte B: Estructuras tipo

El contenido de esta parte de las guías de diseño se estructura por diferentes secciones, que incluyen sugerencias para la implantación de postes, disposición de los conductores en las diferentes estructuras, distancias de seguridad, utilización de listas de materiales, estructuras y anclajes para redes de distribución, disposición de los equipos sobre las estructuras, ensamble de los elementos, conexión de los equipos a tierra, luminarias, instalaciones subterráneas, unidades de construcción, entre otros.

Generalidades. Los vanos al determinar los límites de utilización se considera en líneas de distribución vanos de 100 a 150 metros, vanos para cruces entre 150 y 300 metros, los vanos para redes de distribución son de máximo 100 metros, para realizar cálculos mecánicos se considera diferentes estados como la temperatura mínima de 0°C sin presencia de viento, 10°C con viento al máximo, temperatura media de 25°C sin

presencia de viento y 50°C de temperatura máxima sin viento, además la presión del viento considerada es de 39 kg/m^2 .

Tensión en los conductores: los valores máximos en líneas de distribución que son admitidos son 11 kg/mm^2 y 9 kg/mm^2 para conductores aluminio-acero y ASC respectivamente, en redes de distribución los valores son 6.18 kg/mm^2 y 6.22 kg/mm^2 para los mismos tipos de conductores anteriores.

Las cámaras de transformación están destinadas a alojar como máximo un transformador de hasta 315 kVA de potencia nominal con elementos para tres salidas de medio voltaje, 2.80 metros es el límite máximo de altura de este cámara medido desde la acera.

En cuanto al diseños y el listar los materiales necesarios, se utiliza una referencia de números y letras para reconocer los componentes del sistema en cada uno de sus disposiciones que son normalizados, el primer carácter izquierdo define el grupo de los elementos.

Las unidades de construcción son utilizadas como referencia para construir, ejecutar las obras y las planillas de pago se utilizan las unidades de construcción, estas se conforman de partidas y subpartidas que se agrupan y se designan por una letra y por un número, por ejemplo si se tiene una partida denominada "Partida G: Tensores", se podrá denominar a su subpartida.

- Partida A. Replanteo y Estacamiento: El replanteo se trata de localizar el posicionamiento de cada estructura con referencia a los planos que se encuentran dentro de términos permisibles, se localizará mediante estacas en el terreno, el estacamiento de líneas trata de seleccionar la ruta y localizar las estructuras, mientras que el estacamiento de las redes

trata de implantar las estructuras y demás elementos de la red con referencia al replanteo.

- Partida B. Desbroce y despeje de vías: La vegetación cercana a las líneas de distribución de energía es peligrosa para el sistema, la misma se poda para que no existan incendios o afecciones a la red, esto se realiza de preferencia antes de la instalación de todas las estructuras.
- Partida C. Traslado de postes: Trata de transportar los postes por carretera, desde la bodega hasta el sitio de instalación, esta actividad también relaciona la carga y descarga de estos elementos.
- Partida D. Instalación de postes: El empotramiento de los postes se lo realiza enterrando el 10% de la altura del poste más 50 centímetros extra, la excavación del terreno para erguir el poste debe ser tal que permita una buena compactación del terreno, para izar el poste no se debe exceder esfuerzos ni generar deformaciones para que quede alineado y aplomado correctamente, el material para el relleno debe ser sin impurezas y su compactación se lo realiza en capas de 0.2 m.
- Partida E. Ensamble de estructuras: Estos materiales al igual que los postes se los transporta desde las bodegas de la EEQ S.A. al sitio de instalación, además de eso, comprende la instalación de los mismos.
- Partida G. Tensores y anclajes: Los tensores deben ser transportados al lugar de instalación y la tensión aplicada en ellos debe ser tal que el poste se encuentre aplomado y alineado cuando toda su estructura esté instalada. Los anclajes también serán transportados, además comprende el movimiento de tierra, el posicionamiento del bloque de hormigón, y el encaje de la varilla del tensor.

- Partida H. Montajes: El montaje se realiza acorde a los diseños realizados, será completado cuando estén todos los elementos y accesorios en su lugar, esto incluye a elementos que seccionan y protegen la red, también las conexiones a tierra de los equipos.
- Partida I. Conexión a Tierra: Se coloca una o varias varillas con longitud de 1.8m las cuales se entierran 60 cm bajo tierra, se conecta a esta varilla un cable o una malla de tierra, mediante un conductor esta tierra va al neutro del sistema.
- Partida J. Alumbrado Público: Consta desde el transporte de la bodega al lugar de instalación, está completa cuando está con todos los componentes de fijación, y sus accesorios de acuerdo a las normativas.
- Partida K. Tendido de conductores: Se ejecutará trabajos como el tendido de los conductores, regulación de la flecha y tensión del conductor, fijación, empalmes, e instalación de puentes de conexión, los conductores se entregan en carretes con peso de hasta dos toneladas, en el tendido se debe evitar que el conductor toque la superficie del terreno para evitar daños en su estructura, la flecha del cable deberá ser verificada como mínimo en dos vanos que no sean consecutivos.
- Partida M. Ductos y Canalizaciones: Consiste en la remoción de tierra para crear una zanja por donde se colocarán los conductores para medio voltaje, bajo voltaje y alumbrado público.
- Partida O. Obras civiles para cámaras: Se empieza con el movimiento de la tierra mediante desbanques, excavaciones y rellenos, de acuerdo a los planos se continúa con la construcción de los cimientos, las paredes sobre los cimientos son de ladrillos y con mampostería de relleno,

mediante hormigón armado se construirá las cadenas, las columnas y la losa, de hormigón simple se construyen estructuras como los pisos, las rampas, las gradas, entre otros.

- Partida P. Equipamiento de cámaras: Las cámaras de transformación se equipan con elementos como los transformadores de distribución, los seccionadores que pueden ser de barra o fusibles en media tensión, los terminales de cables aislados, los fusibles de bajo voltaje, las conexiones en medio y bajo voltaje y las conexiones a tierra, todos los equipos requieren una verificación de su correcta instalación antes de entrar en funcionamiento.

2.2.6.3. Parte C: Descripción y especificaciones de materiales y equipos

Esta parte denota las especificaciones de elementos divididos en tres secciones que son los transformadores de distribución en la primera sección, en la segunda sección con los herrajes y la tercera con especificaciones de luminarias de vapor de sodio de alta presión.

La EEQ S.A. tiene especificaciones de transformadores de distribución monofásicos autoprottegidos, transformadores de distribución monofásicos y trifásicos convencionales, transformadores trifásicos de pedestal, transformadores trifásicos de frente muerto, todos estos están limitados por el catálogo del Ministerio de Electricidad.

En la sección de herrajes se detallan las especificaciones de las crucetas, bastidores tipo Rack, abrazaderas, varillas de anclaje, platinas de unión, cajas de distribución, cajas de tol capaceta, pernos, entre otros, todos elementos tienen diferentes tipos y dimensiones de acuerdo a su utilidad.

Las luminarias de vapor de sodio de alta presión están constituidas por una carcasa de aluminio inyectado, hay dos tipos, la primera de simple nivel de potencia y la

segunda con doble nivel de potencia, las dos presentan descripciones y especificaciones similares como la humedad relativa mayor o igual al 70%, temperatura media del ambiente de 30°C, altura hasta 3000 metros sobre el nivel del mar, la condición de instalación es a la intemperie expuesto a fenómenos atmosféricos, frecuencia de 60 Hz, voltaje monofásico de 240/120 [V], voltaje trifásico de 210/121 V - 220/127 [V], máximo ruido a voltaje y frecuencia nominal de 48 dB, factor de potencia inductivo mayor de 0.92 y menor a 1, la temperatura en el bobinado del balastro es máximo de 130°C, hermeticidad mayor o igual a IP53, 3650 operaciones de acuerdo a la norma ANSI, además la luminaria puede trabajar en un rango de temperatura desde los -40°C hasta los 90°C (Empresa Eléctrica Quito S.A., 2021).

2.2.7. Descripción de las normas para sistemas de distribución EEA S.A.

El primer capítulo de las guías de diseño pertenecientes a la empresa eléctrica regional central norte S.A., constan de cuatro partes, a continuación, se presentará un breve resumen de las partes más importantes de las mismas.

2.2.7.1. Diseño, aprobación, fiscalización y recepción de proyectos.

Como objetivo se tiene ayudar a los profesionales de ingeniería que estén involucrados en el ámbito eléctrico a cumplir con los parámetros requeridos para la elaboración, aprobación, construcción, fiscalización y recepción de proyectos eléctricos.

El campo de aplicación es variado, receptando áreas como en el diseño, construcción, modificación o ampliación, fiscalización, recepción, mantenimiento y operación de redes de distribución tanto de urbanizaciones, edificios, conjuntos residenciales y plantas industriales.

2.2.7.2. Factibilidad de servicio

La generación de la solicitud de factibilidad de servicio debe estar dirigida a la dirección del DOM o del PZO de Napo y Pastaza si el proyecto tiene una potencia hasta 1000 kW, pero si es superior a este valor se debe dirigir al Departamento de

Planificación, en dicho documento se necesita tipo de consumo, la ubicación, las características técnicas de las redes existentes, planimetría georreferenciada en formato A4, al igual la estimación potencia instalada según el estudio de carga.

2.2.7.3. Revisión de estudios de carga

La presentación del proyecto para estudios inferiores a 30 kW y superiores a 10 kW de demanda se debe presentar un estudio de carga, además de proporcionar la Factibilidad de Servicio, para ser revisado y aprobado.

Con respecto al contenido de un estudio de carga, el contenido necesario para el estudio de carga consta de cinco partes las cuales son las siguientes:

- Documentación: Carta de Factibilidad de Servicio, línea de fábrica, autorización al profesional, certificado de socio activo del colegio de ingenieros eléctricos, pagos por revisión y por diseño.
- Memoria técnica o descriptiva: generalidades, cálculo de demanda, circuitos, calibre de conductores, tablero general de medidores, subtableros, entre otros.
- Sistema de medición,
- Presupuesto referencial: Listado de materiales, además debe presentar rubros de materiales, mano de obra, administración, dirección técnica y supervisión, otros y total;
- Planos: Diagrama unifilar del proyecto.

El contenido de un proyecto de edificios, industrias y otros, consta de cinco partes, que se enumeran a continuación:

- Documentación: Carta de Factibilidad de Servicio, línea de fábrica, autorización al profesional, certificado de socio activo del colegio de ingenieros eléctricos, pagos por revisión y por diseño;

- Memoria técnica o descriptiva: Consta con generalidades, cálculo de la demanda, Red de medio voltaje, transformación, red de bajo voltaje, alumbrado público, computo de caída de voltaje en redes de medio y bajo voltaje, hoja de estacamiento y un reporte de cantidad de obra;
- Sistema de medición: Factor de potencia;
- Presupuesto referencial: Consta con el listado de materiales, rubros de materiales, mano de obra, administración, dirección técnica y supervisión, otros y total;
- Planos: Cámara de transformación, diagrama unifilar del proyecto, iluminación, tomacorrientes y cargas especiales.

En cambio, el contenido de un proyecto de urbanización, conjuntos habitacionales, partición o lotización no consolidada, consta de cinco partes, que se enumeran a continuación:

- Documentación: Carta de Factibilidad de Servicio, línea de fábrica, autorización al profesional, certificado de socio activo del colegio de ingenieros eléctricos, pagos por revisión y por diseño;
- Memoria técnica o descriptiva: Consta con generalidades, cálculo de la demanda, Red de medio voltaje, transformación, red de bajo voltaje, alumbrado público, computo de caída de voltaje en redes de medio y bajo voltaje, hoja de estacamiento y un reporte de cantidad de obra;
- Sistema de medición: Factor de potencia;
- Presupuesto referencial: Consta con el listado de materiales, rubros de materiales, mano de obra, administración, dirección técnica y supervisión, otros y total;
- Planos: Red de medio y bajo voltaje.

Para la revisión, si el proyecto tiene observación se devolverá para su corrección, una vez aprobado por el fiscalizador y con el visto bueno del director de departamento el proyecto será aprobado; el proyecto tiene una validez de dos años luego de este periodo se debe solicitar una actualización.

Para la actualización de un estudio o proyecto, se adjunta el proyecto anterior, en caso de no existir un cambio de la red se extenderá la vigencia por dos años, además si esto no es así se procede a realizar un nuevo estudio.

2.2.7.4. Fiscalización y recepción de proyectos

Para la solicitud de fiscalización, se registra la solicitud de fiscalización en el DOM, DZOP o DZON donde se solicita la autorización de iniciar la obra y de denominación de un fiscalizador, también se debe adjuntar el proyecto aprobado y cronograma.

En el proceso de construcción, se debe cumplir con todos los procesos planteados en el proyecto, si existen cambios de los materiales se deben notificar al fiscalizador los cambios, el fiscalizador verificará mediante un examen visual o pruebas de los materiales, se coloca el número de codificación para cada poste, seccionadores en cada área del proyecto.

En la entrega de materiales y equipos previa la energización de la obra, el encargado de la obra debe entregar a bodega los materiales para labores de mantenimiento los mismos deben tener visto bueno del fiscalizador, estos son elementos de protección y luminarias, en caso de no entregar los materiales se debe cancelar una remuneración del costo de los materiales.

Para la energización de la obra, el encargado de la obra al finalizar se debe solicitar al DOM, DZON o DZOP la energización del proyecto en donde se debe adjuntar actas de puesta de servicio, visto bueno del DC, documentos de cancelación de derechos de fiscalización y energización, planos actualizados georreferenciales,

protocolo de pruebas de postes y transformadores, factura de compra de materiales, garantías técnicas de los equipos.

El capítulo tres trata de las redes aéreas el cual consta de nueve partes, a continuación, se presenta un breve resumen de las partes más importantes:

2.2.7.5. Condiciones generales del sistema

Como área de concesión, se tiene el área de suministro de la empresa que comprende ciudades como Ambato, Baños, Pillaro, Pelileo, Patate, Quero, Mocha, Cevallos, Morona Santiago, Tisaleo, Pastaza, Mera, Santa Clara, Tena, Arosemena Tola y Archidona.

El voltaje de operación de las distintas áreas dirigidas por la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A se presenta en la tabla 4 a continuación.

Tabla 4

Voltaje de operación del sistema eléctrico de Ambato.

| Lugar del sistema | Nivel de voltaje |
|---|-------------------------|
| Subtransmisión | 69 kV |
| Alimentadores, líneas y redes primarias de distribución | 13.8/7.9 kV |
| Circuitos secundarios trifásicos | 208/120 V |
| | 220/127 V |
| | 210/121 V |
| Circuitos secundarios monofásicos | 120 V |
| | 240/120 V |

Nota. Esta tabla muestra los diferentes niveles de voltaje dentro del área que concierne la empresa. Recuperado de (Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., 2021).

Tomando en cuenta la configuración del sistema de distribución, el sistema está conformada con uno, dos o tres conductores de fase y un conductor neutro para líneas primarias a 13.8/ 7.9 kV.

Las áreas típicas de consumo se dividen en rurales y urbanas las cuales son cabeceras cantonales. El nivel de aislamiento, para el voltaje primario en equipos de

distribución el nivel básico de impulso es de 95 Bil kV, en cambio para equipos de tipo subestación su nivel de impulso es de 110 Bil kV, también se considera el voltaje secundario en equipos el cual tiene un valor de 30 Bil kV. Al considerar el nivel de cortocircuito, el valor de corriente de corto circuito depende del tipo de área en el cual se tome en cuenta, como se presenta en la Tabla 5 a continuación.

Tabla 5

Nivel de cortocircuito simétrica

| Área | Corriente CC. Simétrica (kA) |
|---|------------------------------|
| Urbano | 7.7 |
| Rural | 4.3 |
| Barra de la subestación de distribución a 13.8 kV | 8.0 |

Nota. Esta tabla muestra la corriente de corto circuito en diferentes sectores.

Recuperado de (Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., 2021)

2.2.7.6. Parámetros de diseño

Para definir los parámetros de diseño dentro de la empresa, se tiene que categorizar a los clientes, estos se categorizan en 4 niveles los cuales se describen en la tabla 6 a continuación.

Tabla 6

Categorías de clientes según el área de construcción

| Categoría | Descripción del Área de construcción |
|-----------|--------------------------------------|
| A | Superior a 241 m |
| B | De 151 a 250 m |
| C | De 61 a 150 m |
| D | Inferior a 60 m |

Nota. Esta tabla muestra la categorización de los clientes con una descripción del área de construcción (Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., 2021).

Demandas de diseño:

El valor de la demanda de diseño se divide dependiendo la categoría a analizar, como se presenta en la tabla 7.

Tabla 7

Valor de la demanda de diseño según su categoría

| Categoría | DMU (kVA) Actual | DMU (kVA) Proyectada (10 años) |
|------------------|-----------------------------|---|
| A | 3.6 | 3.9 |
| B | 2.4 | 2.7 |
| C | 1.5 | 1.7 |
| D | 0.8 | 0.9 |

Nota. Esta tabla muestra la Demanda Máxima Unitaria con diferentes valores.

Recuperado de (Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., 2021).

Periodos de diseño:

Los valores de demanda de diseño proyectada para una red primaria es 15 años, para centros de transformación y redes secundarias es 10 años

Caídas de voltaje:

El límite máximo entre la salida de una subestación hasta un transformador más alejado no debe exceder Zona urbano 3.5 % y zona rural de 5.0%, al igual que para una red secundaria, para acometidas no debe exceder del 1%.

2.2.7.7. Dimensionamiento

Al considerar los transformadores de distribución, como se presenta en la tabla 8 a continuación, los transformadores de distribución se dividen según su voltaje nominal.

Tabla 8

Potencia aparente nominal de transformadores de distribución.

| Voltaje Nominal (V) | | Número de fases | Potencia nominal (kVA) |
|----------------------------|-----------|------------------------|--|
| MV | BV | 3 | 15, 30, 45, 50, 60, 75, 90, 100, 112.5 |
| 13.8 kV | 220/127 V | | |
| | 210/121 V | | |
| | 208/120 V | | |

| Voltaje Nominal (V) | | Número de fases | Potencia nominal (kVA) |
|---------------------|-----------|-----------------|------------------------|
| 7.9 kV | 240/120 V | 1 | 3, 5, 10, 15, 25, 37.5 |

Nota. Esta tabla muestra la potencia de los transformadores utilizados. Recuperado de (Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., 2021).

2.2.7.8. Conductores y secciones normales

Los conductores más utilizados dentro de la empresa de distribución, en la tabla 9 se detalla la sección del conductor dependiente de la red a implementar.

Tabla 9

Calibre de conductores en redes primarias y secundarias

| Red | Tipo de conductor | Calibre (AWG o MCM) | |
|------------|-------------------|------------------------|-----------|
| | | Min | Max |
| Primaria | ACSR | 1/0 | 266.8 |
| | ACSR | 2 | 3/0 |
| Secundaria | Preensamblado | 3*2+1/0 | 3*2/0+1/0 |
| | | 2*2+1/0 | 2*2/0+1/0 |

Nota. Esta tabla muestra los calibres de los conductores utilizados en la construcción de redes. Recuperado de (Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., 2021).

2.2.7.9. Seccionamiento y protecciones

Existen diferentes dispositivos de seccionamiento y protección de sobrecorrientes, principalmente para redes suspendidas en el aire o aéreas, tan para redes primarias como para redes de bajo voltaje.

- Red primaria aérea: Reconectador automático, seccionalizador, seccionador tripolar operado en grupo, seccionador fusible unipolar, seccionador fusible unipolar para operación con carga, seccionador o desconectado unipolar.
- Red de bajo voltaje aérea: se utilizan fusibles unipolares montados sobre bases aislantes de soporte.

Dispositivos de protección de sobre voltaje:

Se utilizan pararrayos de porcelana o de polímeros, en zonas con altos niveles isoceráunicos cada 1000 metros de distancia.

El capítulo cuatro se refiere a las redes subterráneas el mismo que consta de nueve secciones, a continuación, se presenta un breve resumen de las partes más importantes:

2.2.7.10. Redes subterráneas

En cuanto a las derivaciones y calibres mínimos, las redes de medio voltaje se conformarán por alimentadores radiales de voltaje nominal 13.8 kV, serán trifásicas con neutro corrido los mismos que estarán interconectados por las barras de los centros de transformador en sus ramales principales donde se afectarán las derivaciones requeridas hacia otros centros de transformación.

El conductor requerido es tipo XPLE apantallado con cinta de cobre de 133% de aislamiento para 15 kV. En las redes de bajo voltaje el calibre requerido es desde 1/0 AWG hasta 300 MCM de tipo TTU con aislamiento de 1 kV.

2.2.7.11. Protecciones

Se menciona las fallas eléctricas, para proteger los equipos se debe determinar los valores de cortocircuito en el punto donde se instala los equipos, toma en cuenta los valores nominales y máximos, además se coordina las protecciones con tiempos menores a 100 ciclos.

Con respecto a la puesta a tierra, se conectan a tierra los conductores con envolturas y pantallas de cables, estructuras de equipos y empalmes.

2.2.7.12. Cámaras de transformación

Las especificaciones que se observan en las cámaras de transformación son las paredes, techos, pisos las mismas que se construyen en concreto reforzado con un espesor de 15 centímetros; el drenaje debe tener una pendiente que permita eliminar acumulaciones de agua, la base del transformador se construye a base del peso del

transformador y son construidos con hormigón armado; la ventilación será con una ventana de 0.50 x 0.40 metros para aireación; las rejillas son elaboradas de hierro ángulo, las puertas de acceso son metálicas con un espesor de 1.5 milímetros con una cerradura y placa de identificación; la iluminación debe ser con un nivel mínimo de 100 luxes.

2.2.7.13. Especificaciones técnicas

En los transformadores de distribución, el aceite que se encontrará debe tener alta rigidez dieléctrica; estar libre de ácidos inorgánicos, askaleres o PCB; baja viscosidad, buena resistencia a la emulsión y ser libre de sedimentación.

Refiriéndose a los conductores de medio voltaje, en la tabla 10 se presentan las características de algunos conductores que se utilizan en esta empresa que tiene el aislamiento de 15 kV

Tabla 10

Características de conductores aislados de 15 kV

| Tipo de cable | XLPE apantallado con cinta de cobre |
|--------------------------------|--|
| Temperatura del conductor | 90° C |
| Temperatura ambiente | 20° C |
| Resistividad térmica del suelo | 90° cm/W |
| Factor de carga | 100% |
| Factor de potencia | 0.95 y 0.90 |
| Espesor de aislamiento | 5.461 mm |
| Nivel de aislamiento | 133 < % con neutro aterrizado |
| Pantalla de cinta de cobre | |
| Chaqueta exterior de PVC | |

Nota. Esta tabla muestra las características de conductores aislados que se utilizan.

Recuperado de (Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., 2021).

Al considerar los conductores de bajo voltaje en las redes de la empresa, el conductor TTU tiene las siguientes características: Temperatura del conductor de 75 °C, Temperatura ambiente de 20 °C, Resistividad térmica del suelo de 90°C-cm/W, su factor de carga es del 100% y tiene un factor de potencia de 0.95 y 0.90

2.2.7.14. Cálculo de la demanda en redes subterráneas

Con la sectorización del área de influencia de la red subterránea, el sector donde se realizará un futuro proyecto se define según la categoría de usuarios.

La demanda de diseño se proyecta a 10 y 20 años según el proyectista, además depende de la categoría en la cual se quiere analizar, en la tabla 11 se presentan las demandas máximas unitarias por categorización para con esto determinar la demanda de diseño (Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., 2021).

Tabla 11

Demandas máximas unitarias por categorías

| Categoría | Demanda máxima unitaria (kVA) | | |
|-----------|-------------------------------|------------|--------|
| | Actual | Proyección | |
| | | 10 año | 20 año |
| A | 2.3 | 3.27 | 4.40 |
| B | 2.0 | 2.96 | 4.18 |
| C | 1.7 | 2.58 | 3.81 |

Nota. Esta tabla muestra las diferentes categorías de clientes a diferentes años de proyección. Recuperado de (Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., 2021).

2.2.8. Alumbrado público general

Este apartado se basa en la regulación 06/2020 que se denomina 'Prestación del Servicio de Alumbrado Público General' que tiene como objetivo normar los aspectos comerciales y técnicos para que las empresas distribuidoras de energía eléctrica presten este servicio con calidad (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 2020).

El alumbrado público tiene como objetivo iluminar las vías y espacios que son para la movilidad, la actividad física, la seguridad y la ornamentación, el primer grupo de alumbrado público es el general, que son los que iluminan las vías para la circulación de personas y vehículos, en este grupo también están los lugares creados para efectuar la

recreación de uno o varios deportes, que no sean cerrados ni cubiertos, excluyendo a lugares de propiedad horizontal y la iluminación de los dos grupos restantes, segundo grupo de alumbrado público es el intervenido, es similar al primer grupo con la diferencia de que son diferentes los niveles de iluminación o necesitan construcción estructural diferente debido a requerimientos especiales de los GAD, el tercer grupo es el alumbrado público ornamental que sirve para adornar lugares como plazas, parques, templos, estatuas, mediante la iluminación; este grupo se deslinda de los demás grupos por que rigen dictámenes estéticos.

Existen vías para tráfico motorizado y sus características de alumbramiento están divididos en cinco grupos desde M1 a M5, estos son agrupados de acuerdo a la función de la vía, la densidad, distancia, complejidad y el control sobre el tráfico, su detalle se encuentra en la tabla 12 mostrada a continuación.

Tabla 12

Tipos de alumbrado para distintos tipos de vías

| Definición de la vía | Iluminación |
|--|--------------------|
| Vías de gran velocidad, tienen pistas libres de intersecciones al mismo nivel y con accesos controlados por completo, autovías y autopistas con densidad de tráfico y circulación con complejidad: | |
| Alta (más de 1000 automotores por hora) | M1 |
| Media (entre 1000 y 500 automotores por hora) | M2 |
| Baja (entre 150 y menos de 500 automotores por hora) | M3 |
| Vías de gran velocidad, tienen circulación de doble sentido, además disponen de control de tráfico y separación de diferentes usuarios en la vía: | |
| Pobre | M1 |
| Bueno | M2 |
| Vías de tráfico urbanas muy importante, como carreteras radiales que tienen control de tráfico y además separación de diferentes usuarios en la vía: | |
| Pobre | M2 |
| Bueno | M3 |

| Definición de la vía | Iluminación |
|---|-------------|
| Vía secundaria para conexión, vías de acceso residencial, carreteras distribuidoras y que proporcionan accesibilidad a propiedades que conducen a conexiones de carreteras, disponen de control de tráfico y separación de diferentes usuarios en la vía: | |
| Pobre | M4 |
| Bueno | M5 |

Nota. Esta tabla muestra los tipos de alumbrado para las diferentes vías existentes.

Recuperado de (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 2020).

Al conocer la caracterización de las vías se asigna la iluminación que necesita cada grupo, a cada uno se le asigna los requisitos fotométricos que son mínimos, cuales se detallan en la tabla 13 cuando se trabaja con criterios de luminancia.

Tabla 13

Luminancia de vías

| Tipo de Iluminación | Campo de Aplicación | | | | |
|---------------------|---|------------------------------------|-------------------------------------|--|--|
| | Todas las vías | | Vías con pocas o sin intersecciones | | Vías con veredas para nada iluminadas para tipos P1 a P4 |
| | Luminancia promedio L_{av} (cd/m ²) requiere mínimo mantenido | Factor U_o Mínimo de uniformidad | TI % Tasa Máxima inicial | UL Mínimo Factor de uniformidad de luminancia longitudinal | Relación mínima de alrededores (SR) |
| M1 | 2.0 | 0.4 | 10 | 0.7 | 0.5 |
| M2 | 1.5 | 0.4 | 10 | 0.7 | 0.5 |
| M3 | 1.0 | 0.4 | 10 | 0.7 | 0.5 |
| M4 | 0.8 | 0.4 | 10 | No requiere | No requiere |
| M5 | 0.6 | 0.4 | 10 | No requiere | No requiere |

Nota. Esta tabla muestra la luminancia de las vías en diferentes escenarios.

Recuperado de (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 2020).

Los diseños iluminación también se realizan con criterios de iluminancia media, esto solamente para vías que estén en el grupo M3, M4 Y M5 por las características que presentan, en la tabla 14 se muestran los valores mínimos de iluminancia media, existen cuatro tipos de superficies de vías para estos valores las cuales se detallan en el Anexo 1.

Tabla 14

Iluminancia promedio (lx) en las vías - valores mínimos

| Tipo de Iluminación | Valor medio que es mínimo a mantener de iluminancia según el tipo de superficie de la carretera (lx) | | | Uniformidad de Iluminancia E _{min} /E _{prom} (%) |
|---------------------|--|---------|----|---|
| | R1 | R2 Y R3 | R4 | |
| M3 | 12 | 17 | 15 | 34 % |
| M4 | 8 | 12 | 10 | 25 % |
| M5 | 6 | 9 | 8 | 18 % |

Nota. Esta tabla muestra la uniformidad de la iluminancia promedio de las vías.

Recuperado de (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 2020).

Las vías para tráfico de peatones y ciclistas también cuentan con una clasificación de seis grupos, los cuales van desde P1 hasta P6 como se muestra en la tabla 15 a continuación.

Tabla 15

Tipos de iluminación para distintas vías en sectores de ciclistas y peatones

| Tipo de Iluminación | Descripción del uso de la calzada |
|---------------------|---|
| P1 | Vías con alta importancia. |
| P2 | Aprovechamiento nocturno intensa por ciclistas y peatones |

| Tipo de Iluminación | Descripción del uso de la calzada |
|----------------------------|---|
| P3 | Aprovechamiento nocturno no intenso por ciclistas y peatones. |
| P4 | Aprovechamiento nocturno bajo por ciclistas y peatones, solo asociado a las propiedades conjuntas. |
| P5 | Aprovechamiento nocturno bajo por ciclistas y peatones, solo asociado a las propiedades conjuntas. Es de importancia considerar el ambiente arquitectónico del entorno. |
| P6 | Aprovechamiento nocturno muy bajo por ciclistas y peatones, solo asociada a las propiedades conjuntas. Es de importancia considerar el ambiente arquitectónico del entorno. |

Nota. Esta tabla muestra diferentes tipos de Iluminación para diferentes sectores a iluminar. Recuperado de (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 2020).

Esta clasificación, al igual que el de tráfico motorizado cuenta con parámetros de iluminación, en la tabla 16 se determina la cantidad mínima de luxes para cada grupo.

Tabla 16

Cantidad mínima de luxes para vías de tráfico de personas

| Tipo de Iluminación | Iluminación (lx) | |
|----------------------------|-------------------------|---------------------|
| | Valor Medio | Valor Mínimo |
| P1 | 20 | 7.5 |
| P2 | 10 | 3.0 |
| P3 | 7.5 | 1.5 |
| P4 | 5.0 | 1.0 |
| P5 | 3.0 | 0.6 |
| P6 | 1.5 | 0.2 |

Nota. Esta tabla muestra la iluminación en luxes mínima y media con respecto al tipo de iluminación. Recuperado de (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 2020).

2.3. Fundamentación legal

- **Regulación No. ARCERNNR – 002/20:** Dictaminada por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables la

cual en su contenido se expresa la calidad de servicio de las empresas que distribuyen y comercializan la energía eléctrica en el Ecuador (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 2020).

- **Regulación No. ARCERNNR – 006/20:** Dictaminada por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables la cual en su contenido se expresa los parámetros necesarios para prestar el servicio a la ciudadanía de Alumbrado Público en general (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 2020).
- **Regulación No. ARCERNNR – 001/2020:** Dictaminada por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables la cual en su contenido se expresa los aspectos regulatorios en cuanto a distribuir y comercializar la energía eléctrica en el Ecuador (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 2020).
- **Regulación No. ARCERNNR – 001/2018:** Dictaminada por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables la cual en su contenido se expresa los lineamientos para las franjas de servidumbre admisibles y la distancia de seguridad entre componentes que interactúan en la construcción de redes eléctricas ((AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 2018).
- **Ley de Eficiencia Energética:** Es una ley aprobada por la Asamblea Nacional del Ecuador donde se expresa características intrínsecas para

un uso eficiente de la energía, caracterizando parámetros utilizados en la construcción de redes eléctricas como el tipo de consumidores que existe (CORTE CONSTITUCIONAL DEL ECUADOR, 2019) .

- **CIE 115:2010:** Es un reporte generado por la International Commission On Illumination o Comisión Internacional de Iluminación que brinda recomendaciones para la iluminación de carreteras con tráfico automotor y para las vías con tráfico peatonal, en donde se encuentra la redacción de tablas con factores para el diseño de los mismos (INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION, 2010).
- **CIE 140:2000:** Es un reporte generado por la International Commission On Illumination o Comisión Internacional de Iluminación que brinda los cálculos que se necesitan para diseñar el alumbrado de las carreteras (INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION, 2000).

2.4. Fundamentación conceptual

- **DMU:** Demanda Máxima Unitaria
- **DMUp:** Demanda Máxima Unitaria Proyectada
- **DMD:** Demanda Máxima Diversificada
- **DD:** Demanda de diseño
- **UP:** Unidades de Propiedad
- **UC:** Unidades de Construcción
- **UCa:** Unidades de Construcción abreviadas
- **CIE:** International Commission On Illumination

2.5. Hipótesis

Con la aplicación de las guías de diseño y el desarrollo de las herramientas computacionales, se disminuye el tiempo de elaboración de documentos requeridos

para la presentación de proyectos de construcción de redes de medio y bajo voltaje en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A.

2.6. Variables de la investigación

2.6.1. *Variable independiente*

Guías de diseño y herramientas computacionales

2.6.2. *Variable dependiente*

Disminuir el tiempo de elaboración de documentos requeridos para la presentación de proyectos de construcción de redes de medio y bajo voltaje

Capítulo III

3. Metodología

3.1. Modalidad de la investigación

El presente trabajo de titulación pretende aplicar el uso de las guías de diseño para sistemas de distribución en medio y bajo voltaje en ELEPCO S.A., mediante el desarrollo de herramientas computacionales las cuales permitirán realizar cálculos de caída de voltaje, elaboración de presupuestos referenciales, determinación de la demanda y cargar información de la infraestructura perteneciente a una red eléctrica de distribución dentro de la empresa.

3.1.1. *Método documental bibliográfico*

Este método permite la recolección de fundamentos teóricos como integrante del material bibliográfico, trabajos de investigación de repositorios institucionales, libros instructivos, documentación legal de regulaciones establecidas por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad y Recursos Naturales No Renovables, información obtenida del Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, publicadas en portales web oficiales los mismos que cuentan con información confiable y útil para el desarrollo de esta investigación.

3.1.2. *Método experimental*

Mediante este método se adquiere y recopila los datos de elaboración de proyectos eléctricos los cuales permiten visualizar el aumento o disminución del tiempo requerido para la creación de documentación de proyectos eléctricos, con la implementación de esta investigación se logrará reducir este lapso.

3.2. Tipos de investigación

3.2.1. *Investigación exploraría*

Esta investigación se basa en encontrar la problemática que existe al momento de desarrollar proyectos de distribución en medio y en bajo voltaje en ELEPCO S.A.,

estos datos son cuantitativos al momento de determinar la reducción de tiempo al momento de realizarlos y cualitativos al determinar la ayuda que generan las guías de diseño y las herramientas computacionales a los contratistas externos.

3.2.2. Investigación descriptiva

Consecutivamente de la investigación realizada en el apartado anterior este, se basa en efectuar la descripción de cuáles son las herramientas que los contratistas externos necesitan y que información es la importante para ser plasmada en las guías de diseño, esta información debe ser precisa para disminuir el tiempo en la elaboración de proyectos de distribución, esto se logra obteniendo información desde la fuente, donde se receptan este tipo de proyectos.

3.2.3. Investigación bibliográfica

Esta investigación busca información en fuentes confiables por escrito, por eso se usa información relevante de regulaciones de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, guías de diseño de empresas de distribución de energía eléctrica, información digital de repositorios del Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, tesis previas que vayan acorde a los lineamientos de esta investigación, entre otros.

3.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se interpreta de sentido extenso y de sentido específico, como sentido extenso, el diseño es igual a concebir la planificación que abarque toda la sucesión de la investigación, en sentido específico solamente se trata una parte básica del plan total que investiga de manera específica, se refieren a esta investigación como diseño metodológico, los dos encierran un grupo de métodos sistemáticos y racionales que generan solución a un problema el cual debe ser demostrado y verificado que sea resuelto (Niño, 2011).

Con el objetivo de Aplicar las guías de diseño y desarrollar una herramienta computacional para redes de distribución de medio y bajo voltaje en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A para servir como soporte a los contratistas externos en la elaboración de proyectos eléctricos, con esto se logrará reducir el tiempo de elaboración de proyectos, tomando como variable el lapso de realización de proyectos hacia los involucrados directos.

3.4. Niveles de investigación

3.4.1. Exploratorio

Este nivel de investigación denominado exploratorio indaga un problema existente en la construcción de redes de distribución tanto en medio como en bajo voltaje dentro de ELEPCO S.A., determina que los contratistas externos pierden mucho tiempo en la elaboración de documentos requeridos para la presentación de este tipo de proyectos.

3.4.2. Descriptiva

El nivel de investigación descriptivo es utilizado para el planteamiento de la hipótesis que se determinó en el nivel exploratorio, se define el proceso para la presentación de proyectos eléctricos de distribución en medio y bajo voltaje, se desarrolla una herramientas computacionales para realizar cálculos de caídas de voltaje en la red, elaboración de presupuestos referenciales, determinación de la demanda y cargar infraestructura de este tipo de redes, con esto disminuirá el tiempo en la elaboración de documentos requeridos para la presentación de este tipo de proyectos eléctricos dentro de ELEPCO S.A.

3.4.3. Explicativa

El nivel de investigación explicativo busca el porqué de los sucesos por medio de relaciones causa efecto, la investigación puede establecerse tanto en reconocer la causa, como en reconocer el efecto, esto al probar la hipótesis (Marroquín, 2013).

¿Por qué aplicar las guías de diseño y desarrollar herramientas computacionales para redes de distribución de medio y bajo voltaje en ELEPCO S.A.? La aplicación de las guías de diseño y el desarrollo de herramientas computacionales servirá como soporte a los contratistas externos en la elaboración de proyectos eléctricos, disminuyendo el tiempo de elaboración de documentos requeridos para la presentación de proyectos de construcción de redes de medio y bajo voltaje en ELEPCO S.A.

3.5. Técnicas de análisis de datos

Se establece el intervalo de tiempo mediante la variación de la magnitud de proyecto eléctrico requerido por la empresa contratante, con los datos adquiridos se realiza el análisis del aumento o reducción del tiempo de elaboración de documentación.

3.6. Técnicas de comprobación de hipótesis

Mediante el método inductivo se logra comprobar la hipótesis planteada, además se realiza entrevistas posteriores al desarrollo de los documentos y las herramientas computacionales, de igual manera los datos obtenidos de los contratistas indicarán el tiempo de desarrollo de proyectos, los mismos que serán monitoreados y encuestados.

Capítulo IV

4. Resultados de la investigación

En este capítulo se presenta el resultado de una detallada investigación, que es una recopilación de la información que se utiliza en ELEPCO S.A. obtenida de diferentes fuentes para aplicar las guías de diseño y las herramientas computacionales realizadas, esta información tiene relevancia porque está relacionada con el resultado de esta investigación, que tiene el propósito de reducir el tiempo empleado en la elaboración de documentos para proyectos eléctricos que se aplican en esta empresa de distribución de energía eléctrica.

4.1. Análisis de los resultados

La necesidad de aplicar las guías de diseño y las herramientas computacionales se da por la falta de información existente para los contratistas que realizan proyectos eléctricos de distribución en el área de concesión de la ELEPCO S.A., los contratistas tendrán a su disposición el resultado de esta investigación que son, cinco herramientas computacionales que se presentan como anexos al comenzar un proyecto eléctrico y unas guías de diseño que se armaron en tres partes, las herramientas computacionales son las siguientes:

- Herramienta computacional de determinación de la demanda
- Herramienta computacional de caída de voltaje en bajo voltaje
- Herramienta computacional de caída de voltaje en medio voltaje
- Herramienta computacional de elaboración de presupuestos referencial
- Herramienta computacional de planilla de estructuras valoradas

4.1.1. *Herramienta computacional de determinación de la demanda*

La determinación de la demanda eléctrica se la realiza con el anexo 4.1., primero con la obtención de la Demanda Máxima Unitaria (DMU) medida en vatios, la

herramienta computacional cuenta con nueve filas que se dividen de la siguiente manera:

Columna 1: En cada fila de esta columna se llena con el ítem de cada equipo eléctrico que dispone cada usuario en el nuevo proyecto, el número de ítems depende del número de equipos.

Columna 2: En cada fila de esta columna se llena con una descripción de cada equipo eléctrico que dispone cada usuario en el nuevo proyecto.

Columna 3: En cada fila de esta columna se llena con la cantidad de equipos eléctricos que dispone cada usuario en el nuevo proyecto.

Columna 4: En cada fila de esta columna se llena con la potencia activa nominal medida en vatios de cada equipo eléctrico que dispone cada usuario en el nuevo proyecto.

Columna 5: En cada fila de esta columna se autocompleta con la multiplicación de la fila 3 con la fila 4 dando como resultado la carga instalada (CI) medida en vatios de cada equipo eléctrico.

Columna 6: En cada fila de esta columna se llena con el factor de frecuencia de uso para cada equipo eléctrico (FFUn) medida en porcentaje, que establece la influencia de la carga de cada consumidor ya sea este residencial, industrial o comercial, de una probabilidad máxima sobre el que tiene posición promedia y que se instaure como representativo característico del grupo para estimar la fila siguiente denominada carga instalada por consumidor representativo (CIR), estos datos son variables de acuerdo a la experiencia del proyectista que está diseñando el proyecto eléctrico.

Columna 7: En cada fila de esta columna se autocompleta la multiplicación de la columna 5 con la columna 6 medida en vatios dando como resultado la carga instalada

por consumidor representativo (CIR) de cada equipo eléctrico que dispone cada usuario en el nuevo proyecto.

Columna 8: En cada fila de esta columna se llena con el factor de simultaneidad para cada equipo eléctrico (FSn) medido en porcentaje, este valor se determina por la experiencia del proyectista en proyectos eléctricos según como se utiliza cada artefacto eléctrico y qué coincidencia tiene el usar el mismo con los demás usuarios al mismo tiempo.

Columna 9: En cada fila de esta columna de autocompleta con la multiplicación de la columna 7 con la columna 8 dando como resultado la demanda máxima unitaria (DMU) medida en vatios, por cada equipo eléctrico que dispone cada usuario en el nuevo proyecto.

La sumatoria de las DMU individuales, da como resultado la DMU total que es medida en vatios, este valor se transforma a kilovatios para efectos de cálculo y dividiendo para el factor de potencia (fp) se tiene la DMU en (kVA).

La tasa de incremento (Ti) es igual a lo expresado en la ecuación 2, para redes de distribución la tasa de incremento de potencial anual (i) es el 4% según el Plan Maestro de Electrificación 2013-2022 y el número de años de proyección (n), en un proyecto de distribución eléctrica en ELEPCO S.A. es de 10 años, dando una Ti de 1.48, este valor es variable según el proyecto, en un conjunto residencial la Ti va a ser 1 porque la demanda no va a crecer, por lo tanto el número de años de proyección sería cero.

$$Ti = (1 + i)^n \quad (2)$$

Donde:

Ti: Tasa de incremento

i: Incremento de potencial anual

n: Número de años de proyección

La multiplicación de la T_i con la DMU da como resultado la Demanda Máxima Unitaria proyectada (DMUp) en kVA, este valor multiplicado por el número de usuarios totales del proyecto (N), dividido por el factor de diversidad (FD) y sumados los valores de la demanda de alumbrado público en kVA y la demanda de cargas especiales en kVA como se muestra en la ecuación 1 de este documento, da como resultado la demanda de diseño (DD) para redes aéreas que se utiliza para determinar el transformador comercial monofásico o trifásico que se utilizará en el diseño del nuevo proyecto eléctrico de distribución, el FD se autocompleta según el número de usuarios que tiene el proyecto y esta tabla se la encuentra en el Anexo 2 el cual tiene un máximo de cien usuarios, de esta herramienta computacional que es para la determinación de la demanda de diseño, existe otra variante que es para redes subterráneas, donde no consta en la fórmula la suma de las cargas de alumbrado público, en la figura 1 se muestra la herramienta computacional desarrollada en Macros del programa Excel, donde se encuentran todos los parámetros explicados anteriormente.

usuarios totales que se utilizó en la determinación de la demanda, y el tipo de usuario que puede ser A, B, C o D, estos valores ya se encuentran precargados como una lista en la herramienta computacional y se encuentran con un comentario en la celda correspondiente.

Después de seleccionar los aspectos eléctricos en el rotulado del documento se procede a llenar las columnas inferiores clasificadas en 4 secciones que son las siguientes:

- Datos
- Demanda Máxima Diversificada proyectada
- Conductor
- Cómputo de caída de voltaje

La herramienta consta con doce columnas distribuidas en las cuatro secciones antes mencionadas, para completar las columnas se lo realiza de la siguiente forma:

Columna 1: En cada fila de esta columna se llena con el inicio y el fin del tramo donde se va a determinar la caída de voltaje, se empieza desde el centro de transformación hasta el punto más alejado de la red, el número y nombre de los tramos se reflejan en el diagrama lineal del proyecto eléctrico.

Columna 2: En cada fila de esta columna se llena con la distancia en metros desde el punto inicial hasta el punto final de cada tramo respectivamente, estas distancias se reflejan en el diagrama lineal del proyecto eléctrico.

Columna 3: En cada fila de esta columna se llena con el número de usuarios que ve el tramo donde se está calculando la caída de voltaje, este número se refleja en el diagrama lineal del proyecto eléctrico.

Columna 4: En cada fila de esta columna se llena con información de los aparatos de alumbrado público, en la parte central superior se coloca la potencia

aparente de cada luminaria en kVA, en la parte izquierda va la cantidad de luminarias vistas por el tramo correspondiente y en la parte derecha se autocompleta con la potencia total de las luminarias vista por el tramo donde se va a calcular la caída de voltaje.

Columna 5: En cada fila de esta columna se autocompleta con la demanda máxima diversificada proyectada (DMDp) en kVA, que depende del número de usuarios y del tipo de usuario del proyecto eléctrico, estos valores se toman del Anexo 3, estos datos no consideran la afección que tiene el sistema por las cocinas de inducción.

Columna 6: En la parte superior de esta columna, donde existe un comentario, se selecciona el tipo de conductor que se utiliza en la red secundaria, el mismo se autocompleta en todas las filas siguientes, el tipo de conductor varía dependiendo el tipo de red y el nivel de voltaje secundario que se utiliza.

Columna 7: En la parte superior de esta columna, donde existe un comentario, se selecciona el número de fases y de conductores que se utiliza en el nuevo proyecto, el mismo se autocompleta en todas las filas siguientes, el número de fases y de conductores varía dependiendo el tipo de red, el nivel de voltaje y el tipo de conductor

Columna 8: En la parte superior de esta columna, donde existe un comentario, se selecciona el calibre del conductor de fase y neutro que se utiliza en el nuevo proyecto, el mismo se autocompleta en todas las filas siguientes, el calibre del conductor varía dependiendo el tipo de red, el nivel de voltaje, el tipo de conductor y el número de fases y conductores.

Columna 9: En la parte superior de esta columna, donde existe un comentario, se selecciona el factor de caída de voltaje del conductor seleccionado (FCV), el mismo se autocompleta en todas las filas siguientes, el FCV varía dependiendo el tipo de red, el nivel de voltaje, el tipo de conductor, el número de fases y conductores y el calibre del mismo, estos valores se obtienen de las tablas del Anexo 4 que son factores de caída

de voltaje que se utilizan en ELEPCO S.A. para redes de distribución de bajo voltaje aéreas, el Anexo 5 en cambio son factores para redes subterráneas.

Columna 10: En esta columna se empieza a realizar el cómputo para determinar el porcentaje de caída de voltaje, en cada fila se autocompleta con la multiplicación entre la columna 2 con la suma entre las columnas 4 y 5, dando como resultado los kVA-m de la nueva red.

Columna 11: En cada fila de esta columna se autocompleta con la división entre la columna 10 con la columna 9 dando como resultado la caída de voltaje parcial de cada tramo, representada en porcentaje.

Columna 12: En cada fila de esta columna se autocompleta con la sumatoria acumulada entre el tramo anterior con el tramo actual, en la última fila de esta columna se presenta la máxima caída de voltaje en bajo voltaje, si el casillero está en verde significa que este valor se encuentra dentro del límite máximo permitido, por el contrario, si el casillero está en rojo significa que el valor está sobrepasando el límite máximo permitido, el límite mencionado se lo edita en el rotulado de la herramienta y va de acuerdo a la regulación pertinente que esté vigente.

Cabe recalcar que para obtener resultados correctos y satisfactorios con la utilización de esta herramienta computacional hay que ir llenando las columnas en orden, a pesar de que cuando se cambia un valor anterior los consecuentes se borran, es un punto importante para tener en consideración porque las listas en los casilleros no se desplegarán, existe otra versión de esta herramienta computacional que es con la utilización de cocinas de inducción, la cual varía la DMDp por que el consumo de energía es mayor entre los consumidores, esta tabla se presenta en el Anexo 6, en la figura 2 se muestra la herramienta computacional desarrollada en el programa Excel, donde se encuentran todos los parámetros explicados anteriormente.

y se encuentran con un comentario en la celda correspondiente listo para ser seleccionado.

Después de seleccionar los aspectos eléctricos en el rotulado del documento se procede a llenar las columnas inferiores clasificadas en 4 secciones que son las siguientes:

- Datos
- Demanda de Diseño
- Conductor
- Cómputo de caída de voltaje

Esta herramienta consta con doce columnas distribuidas en las cuatro secciones antes mencionadas, para completar las columnas se lo realiza de la siguiente manera:

Columna 1: En cada fila de esta columna se llena con el inicio y el fin del tramo donde se va a determinar la caída de voltaje, el número y nombre de los tramos se reflejan en el diagrama lineal del proyecto eléctrico.

Columna 2: En cada fila de esta columna se llena con la distancia en kilómetros desde el punto inicial hasta el punto final de cada tramo respectivamente, estas distancias se reflejan en el diagrama lineal del proyecto eléctrico.

Columna 3: En cada fila de esta columna se llena con la referencia del centro de transformación respecto al extremo de cada tramo que se quiere obtener la caída de voltaje.

Columna 4: En cada fila de esta columna se llena con la capacidad del centro de transformación en kVA según la referencia de la columna 3, este valor es netamente informativo y no se ocupa en el proceso de cálculo.

Columna 5: En cada fila de esta columna se llena con la demanda de diseño expresado en kVA, se tiene en cuenta que la DD es la capacidad del transformador

comercial, si se tiene más de un transformador se anota los kVA que ve el tramo correspondiente con respecto a los transformadores.

Columna 6: En la parte superior de esta columna, donde existe un comentario, se selecciona el tipo de conductor que se utiliza en la red secundaria, el mismo se autocompleta en todas las filas siguientes, el tipo de conductor varía dependiendo el tipo de red y el nivel de voltaje primario que se utiliza.

Columna 7: En la parte superior de esta columna, donde existe un comentario, se selecciona el número de fases y de conductores que se utiliza en el nuevo proyecto, el mismo se autocompleta en todas las filas siguientes, el número de fases y de conductores varía dependiendo el tipo de red, el nivel de voltaje y el tipo de conductor

Columna 8: En la parte superior de esta columna, donde existe un comentario, se selecciona el calibre del conductor de fase y neutro que se utiliza en el nuevo proyecto, el mismo se autocompleta en todas las filas siguientes, el calibre del conductor varía dependiendo el tipo de red, el nivel de voltaje, el tipo de conductor y el número de fases y conductores.

Columna 9: En la parte superior de esta columna, donde existe un comentario, se selecciona el factor de caída de voltaje del conductor seleccionado (FCV), el mismo se autocompleta en todas las filas siguientes, el FCV varía dependiendo el tipo de red, el nivel de voltaje, el tipo de conductor, el número de fases y conductores y el calibre del mismo, estos valores se obtienen de las tablas del anexo 7 que son factores de caída de voltaje que se utilizan en ELEPCO S.A. para redes de distribución de medio voltaje aéreas, el Anexo 8 en cambio, son factores para redes subterráneas.

Columna 10: En esta columna se empieza a realizar el cómputo para determinar el porcentaje de caída de voltaje, en cada fila se autocompleta con la multiplicación entre la columna 2 con columna 5, dando como resultado los kVA-m de la nueva red en medio voltaje.

Columna 11: En cada fila de esta columna se autocompleta con la división entre la columna 10 con la columna 9 dando como resultado la caída de voltaje parcial de cada tramo, representada en porcentaje.

Columna 12: En cada fila de esta columna se autocompleta con la sumatoria acumulada entre el tramo anterior con el tramo actual, en la última fila de esta columna se presenta la máxima caída de voltaje en bajo voltaje, si el casillero está en verde significa que este valor se encuentra dentro del límite máximo permitido, por el contrario, si el casillero está en rojo significa que el valor está sobrepasando el límite máximo permitido, el límite mencionado se lo edita en el rotulado de la herramienta y va de acuerdo a la regulación pertinente que esté vigente.

Cabe recalcar que para obtener resultados correctos y satisfactorios con la utilización de esta herramienta computacional hay que ir llenando las columnas en orden, a pesar de que cuando se cambia un valor anterior los consecuentes se borran para ser llenados nuevamente, es un punto importante para tener en consideración porque las listas en los casilleros no se desplegarán, en la figura 3 se muestra la herramienta computacional desarrollada en el programa Excel, donde se encuentran todos los parámetros explicados anteriormente.

Figura 3

Anexo 4.2 Cómputo de caídas de voltaje en redes de medio voltaje

| EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI ELEPCO S.A. | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|--------------|---------------|------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------|---------|
| ANEXO 4.3 | | | | | | | | | | | | |
| CÓMPUTO DE CAIDAS DE VOLTAJE EN REDES DE MEDIO VOLTAJE | | | | | | | | | | | | |
| PROYECTO: NOMBRE DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACILIDAD DE SERVICIO | | | | | | | | | | | | |
| CANTÓN: NOMBRE DEL CANTÓN DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACILIDAD DE SERVICIO | | | | | | | | | | TIPO DE RED: | | ÁREA: |
| PARROQUIA: NOMBRE DE LA PARROQUIA DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACILIDAD DE SERVICIO | | | | | | | | | | NIVEL DE VOLTAJE PRIMARIO: | | LIBRO: |
| BARRIO: NOMBRE BARRIO DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACILIDAD DE SERVICIO | | | | | | | | | | LÍMITE MÁXIMO DE CAIDA DE VOLTAJE: | | |
| DIRECCIÓN: DIRECCIÓN DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACILIDAD DE SERVICIO | | | | | | | | | | 0% | | |
| NÚMERO DE CIRCUITO: NÚMERO DE CIRCUITO DEL PROYECTO | | | | | | | | | | | | |
| DIAGRAMA LINEAL: | | | | | | | | | | | | |
| DATOS | | | TRANSFORMADOR | | | DD | CONDUCTOR | | | | CÓMPUTO | |
| TRAMO | | LONGITUD [m] | REFERENCIA | KVA | DEMANDA DE DISEÑO [kVA] | TIPO DE CONDUCTOR | NÚMERO DE FASES Y CONDUCTORES | CABLE DEL CONDUCTOR FASE_NEUTRO | KCM [kVA-m] | KVA-m | CAIDA DE VOLTAJE [%] | |
| INICIO | RIN | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| P875 | P1 | 0.00 | 2 | 27.5 | 27.5 | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 1.13 | 0.00 | 0.00047 |
| P1 | P2 | 0.00 | 2 | 27.5 | 27.5 | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 1.13 | 0.00 | 0.00048 |
| P2 | P4 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P4 | P5 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P5 | P6 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P6 | P7 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P7 | P8 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P8 | P9 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P9 | P10 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P10 | P11 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P11 | P12 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P12 | P13 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P13 | P14 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P14 | P15 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P15 | P16 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P16 | P17 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P17 | P18 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P18 | P19 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P19 | P20 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P20 | P21 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P21 | P22 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P22 | P23 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P23 | P24 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P24 | P25 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P25 | P26 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P26 | P27 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P27 | P28 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P28 | P29 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P29 | P30 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P30 | P31 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P31 | P32 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P32 | P33 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P33 | P34 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P34 | P35 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P35 | P36 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P36 | P37 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P37 | P38 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P38 | P39 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P39 | P40 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P40 | P41 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P41 | P42 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P42 | P43 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P43 | P44 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P44 | P45 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P45 | P46 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P46 | P47 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P47 | P48 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P48 | P49 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| P49 | P50 | | | | | ALUMBRIO SEMAÑALADO ECOLÓGICO | 3F - 2C | 3/0 + 3/0 | 4553 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| | | | | | | | | | | | Máximo caída de voltaje: | 0.000% |

Ing. Humberto Apollón
Registro SENECYT 6000-49-4392000

Nota. La figura muestra toda la interfaz de la herramienta computacional de Cómputo de caídas de voltaje en redes de medio voltaje elaborada en Macros del programa Excel.

4.1.4. Herramienta computacional de elaboración de presupuestos referencial

La elaboración del presupuesto referencial se realiza con el anexo 4.4, en el rótulo se completa aspectos importantes del proyecto como el nombre, el cantón, la

parroquia, el barrio y la dirección del mismo como se encuentra en la factibilidad de servicio eléctrico proporcionado por ELEPCO S.A., las listas de materiales se encuentran divididas en seis secciones denominadas partidas y son enumeradas de la siguiente manera:

Partida A: Postes y torres con accesorios

Partida B: Conductores con accesorios

Partida C: Transformadores con accesorios

Partida D: Alumbrado Público

Partida E: Medidores y Acometidas

Partida F: Obras Civiles / Otros

Cada partida se llena con las siguientes columnas:

Ítem: En cada fila de esta columna se llena con el ítem de cada elemento correspondiente a la partida, el número de ítems depende del número de elementos.

Descripción: En cada fila de esta columna se llena con la descripción de cada uno de los elementos que va de acuerdo a la partida, esta descripción ya se encuentra precargada dentro de una base de datos en Excel y solamente se despliegan las listas para que el proyectista vaya eligiendo una por una, si el elemento que busca no se encuentra dentro de la base de datos, el contratista debe escribirlo manualmente de acuerdo a la descripción que proporciona las guías de diseño de ELEPCO S.A. Que se presentan más adelante o a su vez del catálogo digital del Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ex MEER)

Unidad: En cada fila de esta columna se llena con las unidades del elemento que se describió en la columna anterior, estos pueden ser, unidades, metros, libras, entre otros.

Cantidad: En cada fila de esta columna se llena con la cantidad de unidades del elemento que se describió en la columna anterior.

Valor Unitario: En cada fila de esta columna se llena con el valor unitario en dólares del elemento que se describió anteriormente.

Valor Total: En cada fila de esta columna se autocompleta con la multiplicación entre la cantidad y el valor unitario para obtener el valor total en dólares del elemento que se describió anteriormente, de este valor total de cada fila se genera un subtotal de cada partida.

Se tiene seis subtotales correspondientes a las seis partidas que son sumadas en la casilla de subtotal de materiales en la parte inferior, a esto se le suman valores como mano de obra, transporte, diseño, dirección técnica, otros valores, valor de aprobación de ELEPCO S.A., para con esto generar un subtotal, a este valor se le multiplica por el valor del IVA y la suma de estos últimos dos es el valor total del proyecto, en la figura 4 se muestra la herramienta computacional desarrollada en el programa Excel con solamente dos partidas, donde se encuentran todos los parámetros explicados anteriormente.

Figura 4

Anexo 4.4 Planilla de presupuesto referencial

| EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI ELEPCO S.A. | | | | | | |
|---|--|--------|----------|----------------|---------------------------|------|
| ANEXO 4.4 | | | | | | |
| PLANILLA DE PRESUPUESTO REFERENCIAL | | | | | | |
| PROYECTO: NOMBRE DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | | | | | |
| CANTÓN: NOMBRE DEL CANTÓN DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | | | | | |
| PARROQUIA: NOMBRE DE LA PARROQUIA DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | | | | | |
| BARRIO: NOMBRE DEL BARRIO DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | | | | | |
| DIRECCIÓN: DIRECCIÓN DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | | | | | |
| LISTA DE MATERIALES | | | | | | |
| PARTIDA A: POSTES TORRES Y ACCESORIOS | | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL | |
| 1 | Poste Hormigón armado Circular de 10m carga de rotura 2000kg | | | \$ - | \$ - | |
| 2 | | | | \$ - | \$ - | |
| 3 | | | | \$ - | \$ - | |
| 4 | | | | \$ - | \$ - | |
| 5 | | | | \$ - | \$ - | |
| SUBTOTAL PARTIDA A | | | | | \$ - | |
| PARTIDA B: CONDUCTORES Y ACCESORIOS | | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL | |
| 1 | Conductor TW Cu # 3/0 AWG | | | \$ - | \$ - | |
| 2 | | | | \$ - | \$ - | |
| 3 | | | | \$ - | \$ - | |
| 4 | | | | \$ - | \$ - | |
| 5 | | | | \$ - | \$ - | |
| SUBTOTAL PARTIDA B | | | | | \$ - | |
| VER INDICACIONES | | | | | Subtotal materiales | \$ - |
| | | | | | Mano de obra | \$ - |
| | | | | | Transporte | \$ - |
| | | | | | Diseño | \$ - |
| | | | | | Dirección Técnica | \$ - |
| | | | | | Otros | \$ - |
| | | | | | Aprobación ELEPCO S.A. | \$ - |
| | | | | | Subtotal | \$ - |
| | | | | | IVA 12% | \$ - |
| | | | | | TOTAL PROYECTO | \$ - |
| _____ Ing. Nombres Apellidos Registro SENESCYT XXXX-XX-XXXXXXX | | | | | | |

Nota. La figura muestra toda la interfaz de la herramienta computacional de Elaboración de presupuesto referencial, elaborada en Macros del programa Excel.

4.1.5. Herramienta computacional de planilla de estructuras valorada

La elaboración de la planilla de estructuras valorada se realiza con el anexo 4.5, en el rótulo se completa aspectos importantes del proyecto como el nombre, el cantón, la parroquia, el barrio y la dirección del mismo como se encuentra en la factibilidad de servicio eléctrico proporcionado por ELEPCO S.A. para presentar esta plantilla, las columnas se llenan de la siguiente manera:

Ítem: En cada fila de esta columna se llena con el ítem de cada elemento correspondiente, el número de ítems depende del número de elementos.

Estructura UCa: En cada fila de esta columna se selecciona la estructura según las unidades de construcción que se utilizan en ELEPCO S.A. Todas las estructuras ya se encuentran precargadas en la base de datos de la herramienta computacional con su elemento y su descripción, son un total de 1500 estructuras tomadas del catálogo digital del Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ex MEER), para su fácil acceso a cada uno de estos se colocó un buscador en cada celda de esta columna, donde el proyectista solamente debe ingresar la primera letra o la letra que recuerde y presionar la flecha que despliega la lista y seleccionar la que está buscando, esta función es indispensable debido a la cantidad de estructuras que se tiene disponible, si existen actualizaciones dentro de la empresa o el proyectista tiene una nueva estructura que no se encuentra dentro de la base de datos de la herramienta, se lo debe escribir manualmente de acuerdo a las unidades de propiedad al final de las demás filas.

Descripción: En cada fila de esta columna se autocompleta con la descripción del elemento seleccionado en la fila anterior, si existen actualizaciones dentro de la empresa o el proyectista tiene una nueva estructura que no se encuentra dentro de la base de datos de la herramienta, se lo debe escribir manualmente de acuerdo a las unidades de propiedad.

Cantidad: En cada fila de esta columna se llena con la cantidad de elementos que se describieron en la columna anterior.

Unidad: En cada fila de esta columna se llena con las unidades del elemento que se describió en la columna anterior, estos pueden ser, unidades, metros, libras, entre otros.

Valor Unitario: En cada fila de esta columna se llena con el valor unitario en dólares del elemento que se describió anteriormente.

Valor Total: En cada fila de esta columna se autocompleta con la multiplicación entre la cantidad y el valor unitario para obtener el valor total en dólares del elemento que se describió con anterioridad.

La sumatoria de los valores totales individuales al final de las filas es el valor total de las estructuras valoradas en la figura 5 se muestra la herramienta computacional desarrollada en el programa Excel, donde se encuentran todos los parámetros explicados anteriormente.

Figura 5

Anexo 4.5 Planilla de estructuras valoradas

| EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI ELEPCO S.A. | | | | | | |
|---|----------------|---|----------|--------|----------------|-------------|
| ANEXO 4.4 | | | | | | |
| PLANILLA DE ESTRUCTURAS VALORADAS | | | | | | |
| PROYECTO: NOMBRE DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | | | | | |
| CANTÓN: NOMBRE DEL CANTÓN DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | | | | | |
| PARROQUIA: NOMBRE DE LA PARROQUIA DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | | | | | |
| BARRIO: NOMBRE DEL BARRIO DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | | | | | |
| DIRECCIÓN: DIRECCIÓN DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | | | | | |
| ÍTEM | ESTRUCTURA UCa | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| 1 | AAAC5005.4/0 | Conductor AAAC 5005 #4/0 AWG | | | \$ - | \$ - |
| 2 | PEC10 | Poste Metálico Circular de 10m | | | \$ - | \$ - |
| 3 | 1AST | Transformador 13 kV 1F autoproteg. 5 kVA en poste | | | \$ - | \$ - |
| 4 | LDPS100ACC | Lum. 240 V Na 100 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C | | | \$ - | \$ - |
| 5 | 311200_95T | Secc. 13kV 3F con interruptor 1200A BIL 95 | | | \$ - | \$ - |
| 6 | PTPA9_1 | P. a Tierra en Red Secun. Preen. Cab. Alum. 7H Calibre 9 AWG 1 Var. | | | \$ - | \$ - |
| 7 | | | | | \$ - | \$ - |
| 8 | | | | | \$ - | \$ - |
| 24 | | | | | \$ - | \$ - |
| | | | | | TOTAL | \$ - |

Ing. Nombres Apellidos
Registro SENESCYT XXXX-XX-XXXXXXX

Nota. La figura muestra toda la interfaz de la herramienta computacional de Planilla de estructuras valoradas, elaborada en Macros del programa Excel.

Las guías de diseño de ELEPCO S.A. tienen como objetivo dar a conocer a las compañías y profesionales autónomos sobre técnicas de índole práctico y teórico que regulen los Sistemas de Distribución Eléctrica en periodos de construcción y diseño en el área que concierne ELEPCO S.A., además de eso informa a las compañías, profesionales autónomos, clientes, estudiantes y al personal de ELEPCO S.A. sobre el cumplimiento de los requerimientos generales para el régimen administrativo y técnico

de las diferentes fases para realizar proyectos en Sistemas de Distribución Eléctrica.

Estas guías se reparten en tres partes que son las siguientes:

- Parte A: Normas de diseño para redes de distribución eléctrica
- Parte B: Unidades de Construcción y de Propiedad - UC UP
- Parte C: Descripción y especificaciones de materiales y equipos

4.1.6. Parte A: Normas de diseño para redes de distribución eléctrica

La primera parte de las guías denominada Normas de diseño para redes de distribución eléctrica consta de diez secciones que se detallan a continuación:

Sección A-1: Notas generales

Sección A-2: Abreviaturas y Definiciones

Sección A-3: Simbología de los elementos del sistema de distribución eléctrica

Sección A-4: Simbología de los elementos para redes subterráneas

Sección A-5: Planos, escalas y dimensiones

Sección A-6: Metodología general

Sección A-7: Parámetros de diseño

Sección A-8: Trazado y Dimensionamiento

Sección A-9: Protección y Seccionamiento

Sección A-10: Equipos y Materiales

Cada sección de esta parte de las guías de diseño cuenta con un objetivo específico para el cual fue escrito, a continuación de eso se describe el alcance de investigación que se generó en dicho campo donde se detallan normativas, procedimientos, tablas y ecuaciones necesarias para guiar al proyectista a la elaboración y ejecución de proyectos de distribución eléctrica en ELEPCO S.A.

4.1.7. Parte B: Unidades de construcción y de propiedad - UC UP

La segunda parte de las guías de diseño denominada Unidades de Construcción y de Propiedad - UC UP consta de las diez secciones que se detallan a continuación:

Sección B-1: Estructuras en redes aéreas de distribución – medio voltaje

Sección B-2: Estructuras en redes aéreas de distribución – bajo voltaje

Sección B-3: Transformadores en redes aéreas de distribución – medio voltaje

Sección B-4: Seccionamiento y protección en redes aéreas de distribución –
medio voltaje

Sección B-5: Seccionamiento y protección en redes aéreas de distribución – bajo
voltaje

Sección B-6: Tensores y anclajes en redes aéreas de distribución – medio
voltaje

Sección B-7: Tensores y anclajes en redes aéreas de distribución – bajo voltaje

Sección B-8: Alumbrado público vial en redes aéreas de distribución

Sección B-9: Puesta a tierra en redes aéreas de distribución

Sección B-10: Medidores en redes de distribución

Cada sección cuenta con estructuras acorde a su designación, cada estructura cuenta con dos hojas, en la primera hoja se muestran un rótulo donde se detalla el número de hoja, el identificador de unidad de propiedad y de construcción, el tipo de estructura que es, el nivel de voltaje y el identificador UC con su respectiva descripción, en esta hoja se muestra una lista de materiales con columnas que identifican la referencia o el ítem del material, la unidad, que puede ser, cada unidad, metros ó libras; una descripción del material y la cantidad de los mismos, los materiales que cuentan con un asterisco al lado del número de la referencia tienen materiales sustitutos en la parte inferior, debido a que en ELEPCO S.A. Se pueden poner diferentes materiales para una misma estructura, el proyectista debe elegir los adecuados, acorde al proyecto que se esté ejecutando.

En la segunda hoja se repite el mismo rotulado cambiado solamente el número de hoja, y se muestra además, una ilustración de la estructura con una numeración de

acuerdo a la referencia de la hoja uno, en la parte inferior de las hojas de algunas estructuras vienen anexadas notas importantes como dimensiones, límites de capacidad, perfiles de carga, niveles de voltaje, cantidad de conductores, niveles de aislamiento, opciones de uso de materiales, entre otros aspectos que deben ser consideradas al momento del diseño de la red de distribución eléctrica.

4.1.8. Parte C: Descripción y especificaciones de materiales y equipos

La tercera parte de las guías de diseño denominada Descripción y especificaciones de materiales y equipos, consta de dos secciones, la primera que presenta una descripción corta de los materiales y equipos, y la segunda sección que se denomina especificaciones técnicas de centros de transformación para sistemas de distribución eléctrica.

la primera sección está subdividida en partidas, las cuales se usaron para realizar la herramienta computacional de elaboración de presupuesto referencial, las partidas que tiene esta sección son las siguientes:

Partida A: Postes y torres con accesorios

Partida B: Conductores con accesorios

Partida C: Transformadores con accesorios

Partida D: Alumbrado Público

Partida E: Medidores y Acometidas

Partida F: Obras Civiles / Otros

Las partidas tienen un ítem que enumera la cantidad de elementos que tiene cada una, la partida A consta de 248 elementos, la partida B de 346 elementos, la partida C de 591 elementos, la partida D de 240 elementos, la partida E de 55 elementos y la partida F no consta en el registro debido a que son obras civiles que no conciernen a nuestra aérea de estudio, todos estos elementos constan de una

descripción detallada que es la que se usa dentro de ELEPCO S.A. para la ejecución de proyectos de distribución eléctrica.

La segunda sección de esta guía de diseño está subdividida en dos partes, la primera que muestra especificaciones técnicas de centros de transformación monofásicos autoprotegidos y la segunda parte muestra especificaciones técnicas de centros de transformación de distribución trifásicos, los equipos de estas dos secciones están reflejados en el catálogo digital del Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ex MEER) y todos estos son utilizados en ELEPCO S.A. por lo que por medio de enlaces virtuales son remitidos a la página oficial donde se encuentran sus características, en esta página se detalla la descripción técnica del elemento, la potencia nominal en kVA, el voltaje nominal en medio y bajo voltaje, el número de bujes en medio voltaje, la polaridad, el grupo de conexión según IEC, la clase de aislamiento tanto para el primario como para el secundario, el nivel básico de aislamiento, el pararrayo para medio voltaje según el máximo voltaje nominal, según el máximo voltaje a operación continua y según el máximo voltaje de descarga a 10 kA, por último se presenta el nivel de ruido medido en dB, todos estos valores se encuentran para transformadores trifásicos como monofásicos.

4.2. Encuestas realizadas antes de presentar la investigación

Las preguntas de la encuesta realizada antes de presentar el resultado de esta investigación a los contratistas externos que elaboran proyectos de distribución, se detallan a continuación, la misma alcanzó un público de quince profesionales y son los que determinan los resultados de esta investigación.

PREGUNTA 1

¿Elabora, o está en la capacidad de elaborar proyectos de distribución eléctrica, ya sea en medio o bajo voltaje en ELEPCO S.A.?

Tabla 17

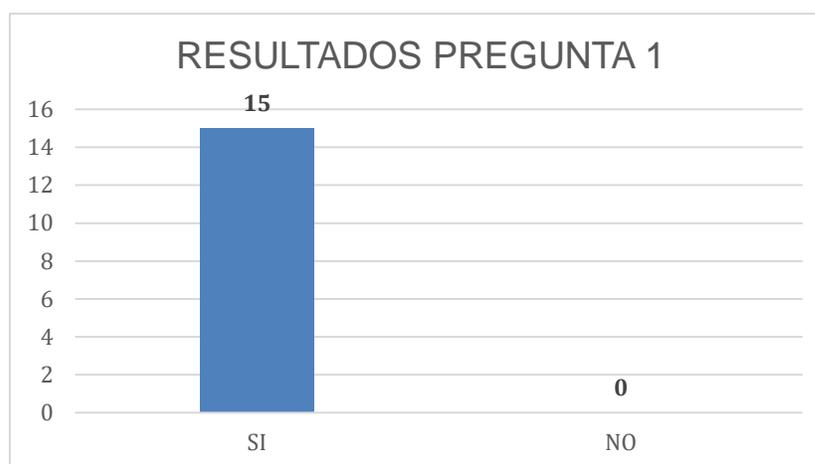
Análisis estadístico de la elaboración de proyectos de distribución eléctrica

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| SI | 15 | 100% |
| NO | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

Nota. Esta tabla muestra el resultado estadístico de la primera pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

Figura 6

Análisis estadístico de la elaboración de proyectos de distribución eléctrica



Nota: En esta figura se muestra el resultado estadístico gráfico de la primera pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

En base a los datos obtenidos se puede concluir que el 100% correspondiente a 15 de los 15 proyectistas elaboran proyectos de distribución eléctrica en medio o bajo voltaje, o están en la capacidad de realizarlos y el 0% no realiza dicha actividad en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A.

PREGUNTA 2

¿Elabora sus propios formatos para la presentación de proyectos eléctricos de bajo y medio voltaje?

Tabla 18

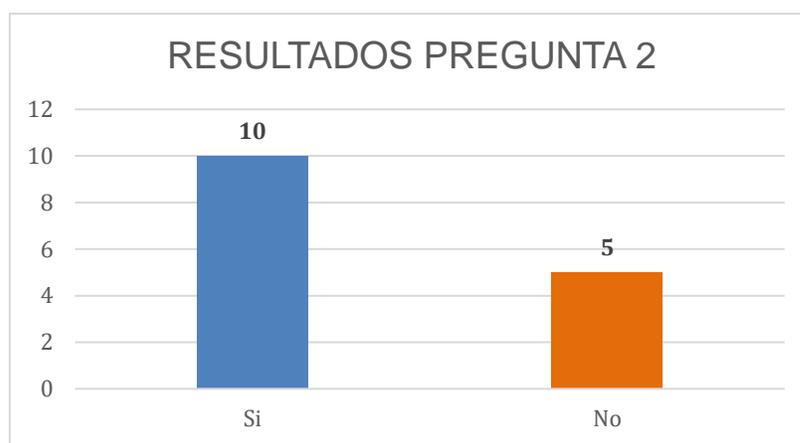
Análisis estadístico de presentación de proyectos eléctricos

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| SI | 10 | 66,67% |
| NO | 5 | 33.33% |
| Total | 15 | 100% |

Nota. Esta tabla muestra el resultado estadístico de la segunda pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

Figura 7

Análisis estadístico de presentación de proyectos eléctricos



Nota: En esta figura se muestra el resultado estadístico gráfico de la segunda pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

En base a los datos obtenidos se puede concluir que el 66,67% de los encuestados elaboran sus propios formatos para la presentación de proyectos eléctricos, en cambio el 33,33% respondió no realiza dicha actividad en la Empresa Eléctrica ELEPCO S.A.

PREGUNTA 3

¿Al desarrollar sus proyectos tienen problemas con los formatos empleados?

Tabla 19

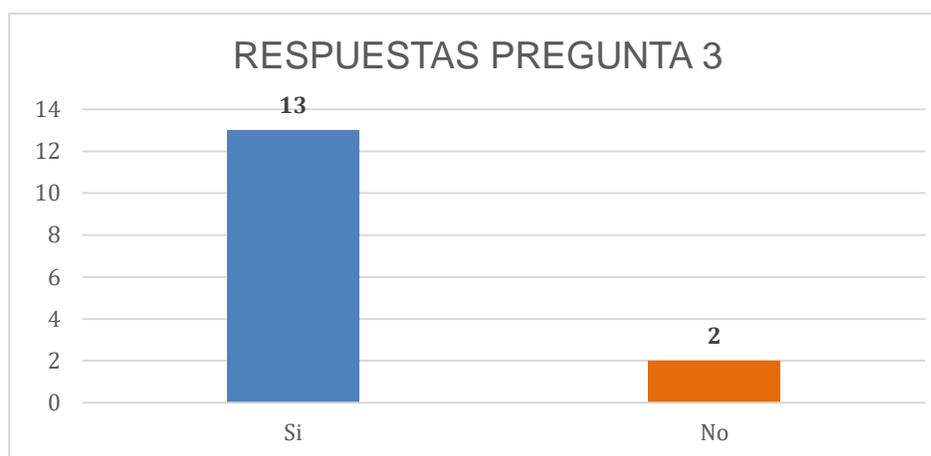
Análisis estadístico de problemas con los formatos empleados

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| SI | 13 | 86,67% |
| NO | 2 | 13,33% |
| Total | 15 | 100% |

Nota. Esta tabla muestra el resultado estadístico de la tercera pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

Figura 8

Análisis estadístico de problemas con los formatos empleados



Nota: En esta figura se muestra el resultado estadístico gráfico de la tercera pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

En base a los datos obtenidos se puede concluir que el 86,67 % de los encuestados respondió que, si tiene problemas con los formatos empleados, y el otro 13,33% no tiene ningún problema al desarrollar sus propios formatos.

PREGUNTA 4

Dentro de la empresa eléctrica ¿Existe una persona encargada de capacitar a los contratistas para el desarrollo de los proyectos eléctricos?

Tabla 20

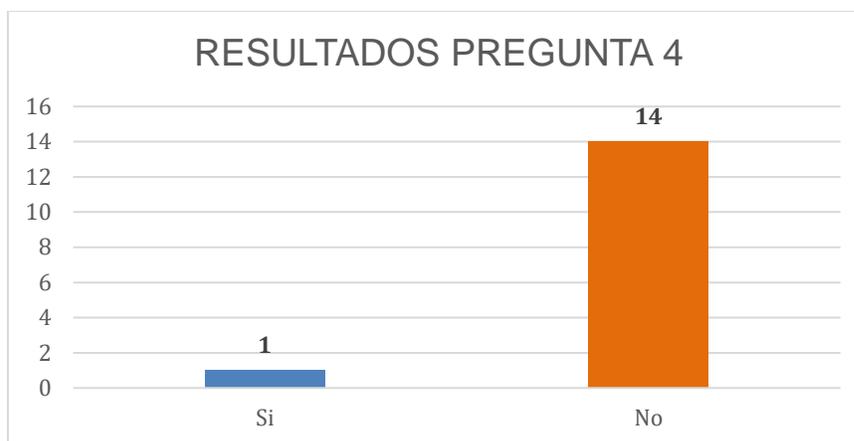
Análisis estadístico de existencia de una persona encargada de capacitar

| Alternativas | Frecuencia | porcentaje |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| SI | 1 | 6,67% |
| NO | 14 | 93,33% |
| Total | 15 | 100% |

Nota. Esta tabla muestra el resultado estadístico de la cuarta pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica, donde se cuestiona si existe una persona encargada de capacitar a los contratistas en el desarrollo de proyectos eléctricos.

Figura 9

Análisis estadístico de existencia de una persona encargada de capacitar



Nota: En esta figura se muestra el resultado estadístico gráfico de la cuarta pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica, donde se cuestiona si existe una persona encargada de capacitar a los contratistas en el desarrollo de proyectos.

En base a los datos obtenidos se puede concluir que el 93,33% de los proyectistas coinciden que no existe una persona encargada en capacitar a los contratistas, el 6,67% respondió que no.

PREGUNTA 5

¿Qué tipo de programas computacionales utiliza para la elaboración de proyectos eléctricos de distribución en ELEPCO S.A.?

Tabla 21

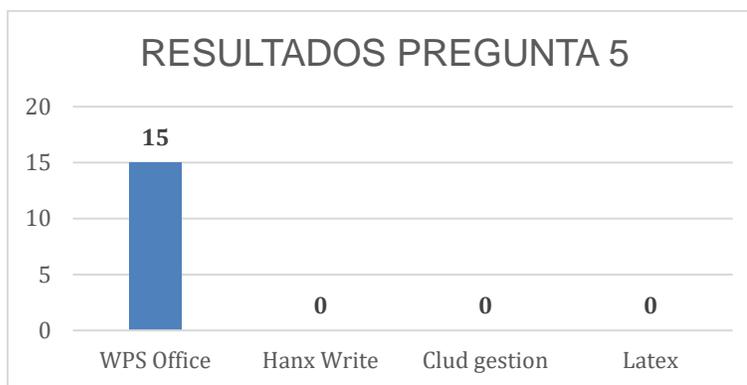
Análisis estadístico de tipo de programas computacionales

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------------------|------------|------------|
| WPS OFFICE (WORD, EXCEL) | 15 | 100% |
| HANX WRITE | 0 | 0% |
| CLOUD GESTIÓN | 0 | 0% |
| LATEX | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

Nota. Esta tabla muestra el resultado estadístico de la quinta pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

Figura 10

Análisis estadístico de tipo de programas computacionales empleados



Nota: En esta figura se muestra el resultado estadístico gráfico de la quinta pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

En base a los datos obtenidos se puede concluir que el 100% emplea WPS Office (Word, Excel), frente a un 0% que consideran que los programas Hanx write, Cloud gestion y Latex, no son programas útiles para la elaboración de documentos.

PREGUNTA 6

¿Cuenta con guías de diseño que le facilite el desarrollo de proyectos eléctricos de distribución en ELEPCO S.A.?

Tabla 22

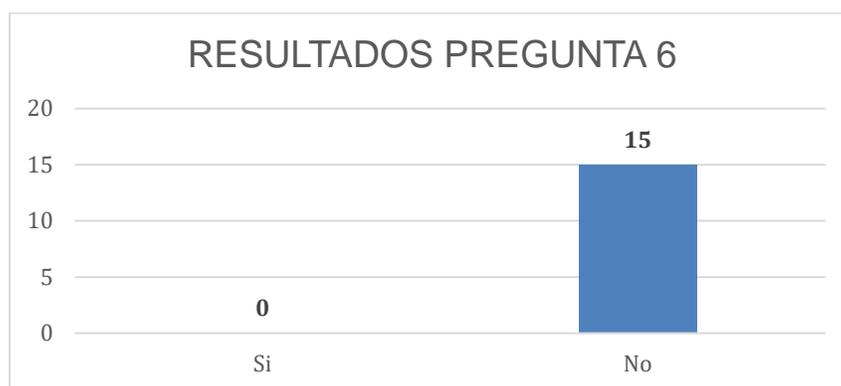
Análisis estadístico de guías de diseño dentro de ELEPCO S.A

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|------------|
| SI | 0 | 0% |
| NO | 15 | 100% |
| Total | 15 | 100% |

Nota. Esta tabla muestra el resultado estadístico de la sexta pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

Figura 11

Análisis estadístico de guías de diseño dentro de ELEPCO S.A



Nota: En esta figura se muestra el resultado estadístico gráfico de la sexta pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

En base a los datos obtenidos se puede concluir que la mayoría de encuestados seleccionaron la opción "NO" con un porcentaje del 100%, frente a un 0% que consideraron que Si existen guías dentro de la empresa eléctrica.

PREGUNTA 7

¿Utiliza las guías de diseño para el desarrollo de proyectos eléctricos de bajo y medio voltaje?

Tabla 23

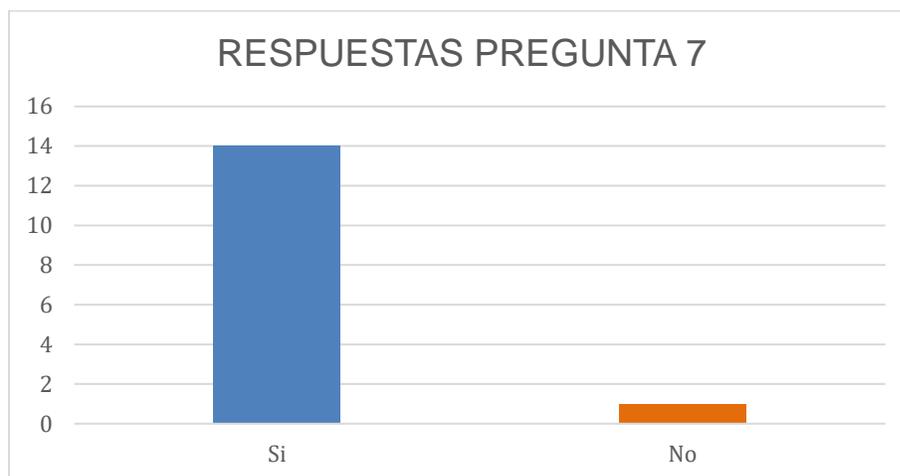
Análisis estadístico uso de guías de diseño

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| SI | 14 | 93,33% |
| NO | 1 | 6,67% |
| Total | 15 | 100% |

Nota. Esta tabla muestra el resultado estadístico de la séptima pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

Figura 12

Análisis estadístico uso de guías de diseño



Nota: En esta figura se muestra el resultado estadístico gráfico de la séptima pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

En base a los datos obtenidos se puede concluir que el 93,33% de los encuestados utilizan las guías, el otro 6,67% declaró que no utilizan las guías. El mayor número de encuestados coinciden en que es necesario utilizar las guías de diseño para el desarrollo de proyectos eléctricos.

PREGUNTA 8

¿Cuánto tiempo emplea en el desarrollo de la documentación para presentar proyectos eléctricos de distribución?

Tabla 24

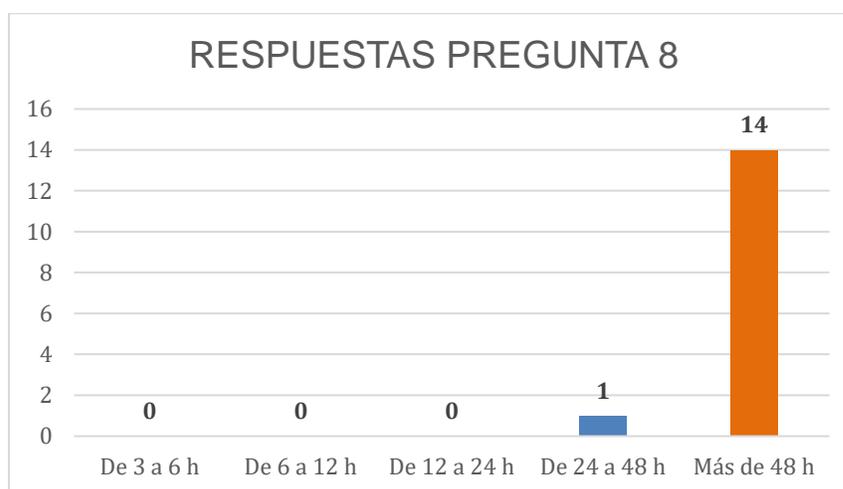
Análisis estadístico del tiempo empleado para desarrollar documentación

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|------------------|------------|-------------|
| DE 3 A 6 HORAS | 0 | 0% |
| DE 6 A 12 HORAS | 0 | 0% |
| DE 12 A 24 HORAS | 0 | 0% |
| DE 24 A 48 HORAS | 1 | 6,67% |
| MÁS DE 48 HORAS | 14 | 93,33% |
| Total | 15 | 100% |

Nota. Esta tabla muestra el resultado estadístico de la octava pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

Figura 13

Análisis estadístico del tiempo empleado para desarrollar documentación



Nota: En esta figura se muestra el resultado estadístico gráfico de la octava pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

En base a los datos obtenidos se puede concluir que de los 15 proyectistas el 93,33% marcaron la opción de “Más de 48 horas”, por otro parte existe un 6,67% que selecciono “de 12 a 24 horas”. Todos los encuestados coinciden que para el desarrollo de la documentación requerida para proyectos eléctricos se necesita más de 48 horas para desarrollar los documentos necesarios.

PREGUNTA 9

¿Cuenta con herramientas computacionales donde se presentan todos los elementos eléctricos que se emplean en el desarrollo de un nuevo proyecto de distribución en ELEPCO S.A.?

Tabla 25

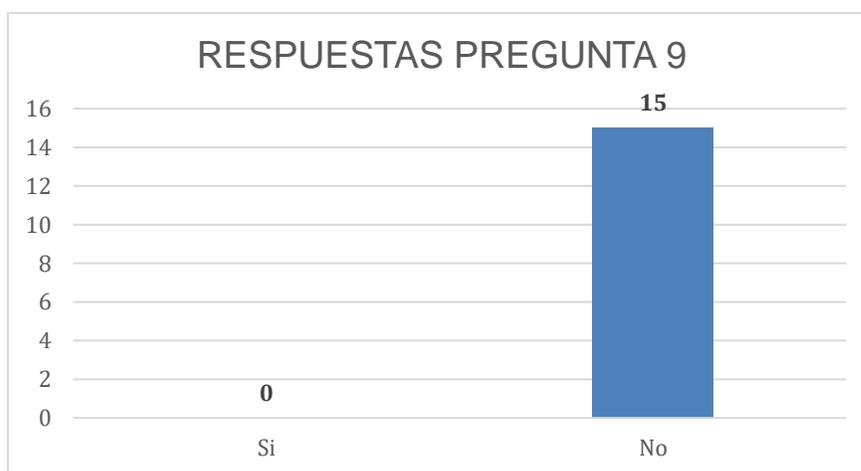
Análisis estadístico de herramientas computacionales

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|------------|
| SI | 0 | 0% |
| NO | 15 | 100% |
| Total | 15 | 100% |

Nota. Esta tabla muestra el resultado estadístico de la novena pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

Figura 14

Análisis estadístico de herramientas computacionales



Nota: En esta figura se muestra el resultado estadístico gráfico de la novena pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

En base a los datos obtenidos se puede concluir que el 100% de los encuestados marcaron la opción "NO", por otro lado, la opción "SI" tuvo un porcentaje de 0%. Ninguno de los proyectistas cuenta con una herramienta capaz de presentar los

elementos eléctricos que se emplean en el desarrollo de un nuevo proyecto de distribución en ELEPCO S.A

PREGUNTA 10

Cuando no encuentra información en ELEPCO S.A. ¿En qué guías de diseño se basa para el desarrollo y presentación de los proyectos eléctricos de distribución?

Tabla 26

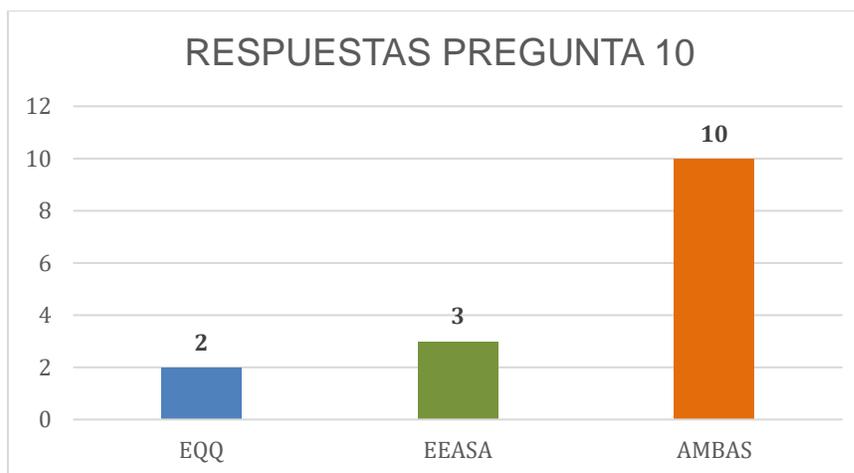
Análisis estadístico de información en la ELEPCO S.A

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|-------------|
| EQQ | 2 | 13,33% |
| EEASA | 3 | 20% |
| AMBAS | 10 | 66,67% |
| Total | 15 | 100% |

Nota. Esta tabla muestra el resultado estadístico de la décima pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

Figura 15

Análisis estadístico de información en ELEPCO S.A



Nota: En esta figura se muestra el resultado estadístico gráfico de la décima pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica.

En base a los datos obtenidos se puede concluir que el 13,33% de los encuestados dice que utiliza las guías de la EQQ S.A., el 20% que emplea las guías de

la EEASA y por otra parte, el 66,67% contestó que emplean las dos guías. Todos los encuestados al no contar con información en ELEPCO S.A., busca información en guías de otras empresas.

4.3. Encuestas realizadas después de presentar la investigación

Las preguntas de la encuesta realizada después de presentar el resultado de esta investigación a los contratistas externos que elaboran proyectos de distribución, se detallan a continuación, la misma alcanzó el mismo público que la encuesta anterior, que es de quince profesionales, esta encuesta consta de tres preguntas esenciales para determinar los resultados de esta investigación.

PREGUNTA 1

¿Al utilizar las guías de diseño y las herramientas computacionales elaboradas en esta investigación, disminuyó el tiempo empleado en la elaboración de documentos para proyectos eléctricos en la ELEPCO S.A.?

Tabla 27

Análisis estadístico de la disminución del tiempo empleado

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| SI | 15 | 100% |
| NO | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

Nota. Esta tabla muestra el resultado estadístico de la primera pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica, después de presentarles el resultado de esta investigación.

Figura 16*Análisis estadístico de la disminución del tiempo empleado*

Nota: En esta figura se muestra el resultado estadístico gráfico de la primera pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica, después de presentarles el resultado de esta investigación.

En base a los datos obtenidos se concluye que el 100% de los encuestados marcaron la opción "SI", por otro lado, la opción "NO" tuvo un porcentaje de 0%. Todos los profesionales encuestados determinaron que existe una disminución del tiempo empleado en la elaboración de documentos, al momento de utilizar las herramientas computacionales y las guías de diseño desarrolladas en esta investigación.

PREGUNTA 2

¿Cuánto tiempo empleó en el desarrollo de la documentación para presentar proyectos eléctricos de distribución utilizando las herramientas computacionales y las guías de diseño desarrolladas en esta investigación?

Tabla 28

Análisis estadístico del tiempo empleado utilizando esta investigación

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| DE 3 A 6 HORAS | 0 | 0% |
| DE 6 A 12 HORAS | 0 | 0% |
| DE 12 A 24 HORAS | 11 | 73.33% |
| DE 24 A 48 HORAS | 4 | 26.66% |
| MÁS DE 48 HORAS | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

Nota. Esta tabla muestra el resultado estadístico de la segunda pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica, después de presentarles el resultado de esta investigación.

Figura 17

Análisis estadístico del tiempo empleado utilizando esta investigación



Nota: En esta figura se muestra el resultado estadístico gráfico de la segunda pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica, después de presentarles el resultado de esta investigación.

En base a los datos obtenidos se concluye que de los 15 proyectistas el 73,33% marcaron la opción “De 12 a 24 horas”, por otro parte existe un 26,66% que selecciono

“De 24 a 48 horas”. La mayoría de los encuestados coinciden que el tiempo empleado para la elaboración de documentos necesarios disminuyó de más de 48 horas a menos de 24 horas.

PREGUNTA 3

¿Recomienda el uso de las herramientas computacionales y las guías de diseño para la elaboración de documentos para proyectos en medio y bajo voltaje en ELEPCO S.A.?

Tabla 29

Análisis estadístico de la recomendación de uso

| Alternativas | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|------------|
| SI | 15 | 100% |
| NO | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

Nota. Esta tabla muestra el resultado estadístico de la tercera pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica, después de presentarles el resultado de esta investigación.

Figura 18

Análisis estadístico de la recomendación de uso



Nota: En esta figura se muestra el resultado estadístico gráfico de la tercera pregunta de la encuesta realizada a constructores de redes de distribución eléctrica, después de presentarles el resultado de esta investigación.

En base a los datos obtenidos se concluye que el 100% de los encuestados marcaron la opción “SI”, por otro lado, la opción “NO” tuvo un porcentaje de 0%. Todos los profesionales encuestados recomiendan el uso de las herramientas computacionales y las guías de diseño para la elaboración de documentos para proyectos en medio y bajo voltaje en ELEPCO S.A., lo que hace que el resultado de esta investigación sea positivo.

4.4. Discusión de los resultados

El resultado obtenido en la presente investigación es información recolectada y unificada de varias empresas distribuidoras de energía eléctrica en el Ecuador como la EEQ S.A. y la EEA S.A., además de entidades como el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables y de profesionales dentro de ELEPCO S.A. que entienden las necesidades dentro de la empresa para que los proyectos sean aprobados y se rijan a las normativas que esta demanda a los proyectistas, esta información se utilizará solamente para esta empresa y debe ser actualizada periódicamente de acuerdo a las prestaciones que se den en el sistema de distribución de energía eléctrica y cuando los profesionales que realizan esta labor crean conveniente hacerlo, el tiempo empleado en realizar la documentación necesaria, para presentar los proyectos reduce considerablemente, aún sin tener el hábito de utilizar los resultados de esta investigación, como las guías de diseño y las herramientas computacionales, al aplicar esto con regularidad, la eficiencia del tiempo para los proyectistas cambiará radicalmente en su trabajo habitual.

4.5. Comprobación de hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis que expone que con la aplicación de las guías de diseño y el desarrollo de herramientas computacionales, se disminuye el tiempo de elaboración de documentos requeridos para la presentación de proyectos de construcción de redes de medio y bajo voltaje en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A., se toma en consideración la aplicación de las tres guías de diseño y las cinco herramientas computacionales, con esto se determina que la hipótesis fue comprobada ya que el tiempo disminuyó de 48 horas a menos de 24 horas al momento de diseñar proyectos de distribución eléctrica en la empresa de distribución antes mencionada.

Capítulo V

5. Propuesta

5.1. Tema de la propuesta

Aplicación de las guías de diseño y desarrollo de una herramienta computacional para sistemas de distribución de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A.

5.2. Datos informativos

Institución

Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A

Dirección

Marqués de Maenza 5-44 y, Quijano y Ordóñez, Latacunga.

Tipo de empresa

Sociedad Anónima

Tamaño de la empresa

Grande

Beneficiario

Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A., Departamento

5.3. Justificación de la propuesta

En el presente proyecto se pretende realizar la estandarización de documentos para la ejecución de proyectos de construcción de redes de bajo y medio voltaje en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A, por lo cual se emplean herramientas computacionales en el programa Excel de Microsoft Office, que dispone de una base de datos con todos los elementos necesarios en la construcción de redes, el cual tiene como finalidad reducir el tiempo de elaboración de la documentación requerida por la empresa.

5.4. Objetivos

5.4.1. Objetivo general

Aplicar las guías de diseño y desarrollar herramientas computacionales para redes de distribución de medio y bajo voltaje en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A para servir como soporte a los contratistas externos y reducir el tiempo en la elaboración de proyectos eléctricos.

5.4.2. Objetivos específicos

- Investigar las distintas guías de diseño de redes eléctricas de distribución existentes en el Ecuador con el fin de presentar un solo formato hábil para la ELEPCO S.A. tanto para redes aéreas como subterráneas.
- Desarrollar herramientas computacionales, que ayuden a realizar cálculos de caída de voltaje en la red, determinación de la demanda, elaboración de presupuestos referenciales y cargar infraestructura de la red basado en la información disponible en la ELEPCO S.A. mediante hojas de cálculo en el programa Excel.
- Comprobar el funcionamiento de las herramientas computacionales, mediante la comparación de proyectos aprobados por parte de ELEPCO S.A., evitando que los contratistas cometan errores en la elaboración de los mismos.
- Evidenciar la reducción del tiempo en la elaboración de documentación requerida por la ELEPCO S.A.
- Difundir el uso de las herramientas computacionales a constructores de redes de distribución de ELEPCO S.A. para reducir el tiempo y facilitar la elaboración de documentos.

5.5. Fundamentación de la propuesta

En la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A., no se cuentan con guías de diseño actualizadas, para el desarrollo de proyectos eléctricos de medio y bajo voltaje, lo que dificulta el desarrollo de dichos proyectos ya que los contratistas deben regirse a guías de empresas eléctricas de otras provincias como las de Quito y Ambato, con la información que se encuentra en estas guías se desarrolla la documentación requerida para la aprobación y ejecución de los proyectos eléctricos, en la actualidad la empresa cuenta con formatos para el desarrollo de cálculos de caída de voltaje en medio y bajo voltaje, determinación de la demanda, presupuesto y planilla de estructuras valoradas, las cuales no cuentan con una base de datos que permita reducir el tiempo de elaboración de dichos formatos, por ende la propuesta planteada facilitará a los proyectistas la búsqueda de información de estructuras, conductores y demás elementos empleados en el desarrollo de un proyecto eléctrico.

5.6. Diseño de la propuesta

Para el desarrollo de la propuesta se deben seguir los siguientes pasos, encaminado al diseño de herramientas computacionales en el programa Excel de Microsoft, que entregue varios formatos con mayor eficiencia, los cuales son requeridos por la empresa antes mencionada.

- Compilación de información.
- Organización de la información.
- Cálculos para la caída de voltaje.
- Cálculos para la determinación de la demanda.
- Diseño de las hojas de cálculo en Excel.
- Uso de las hojas en Excel.

5.6.1. *Compilación de la información*

Los datos utilizados para el desarrollo de las guías de diseño y las herramientas computacionales son adquiridos de las Unidades de Propiedad y de Construcción del MERNNR, de varias empresas de distribución de la energía eléctrica como la EEQ S.A. y la EEASA, además de información del personal interno de ELEPCO S.A.

5.6.1.1. Unidades de propiedad y de construcción

El MERNNR, en colaboración con las Empresas Eléctricas de Distribución han ejecutado temas en cuanto a la homologación de la simbología, especificaciones técnicas, unidades de construcción UC, unidades de propiedad UP, para que las empresas cuenten con un estándar de la documentación para el desarrollo de proyectos eléctricos.

5.6.2. *Organización de la información*

Mediante el empleo del programa computacional Excel que, en su interior cuenta con la herramienta computacional de Macros, se establecieron categorías, que son empleadas para el desarrollo de la documentación necesaria de proyectos eléctricos, entre ellos están:

- Postes,
- Conductores,
- Transformadores,
- Alumbrado Público,
- Acometidas y medidores,
- Obras civiles,
- Tipos de usuarios dependiendo a su consumo de energía,
- Fórmulas empleadas para el cálculo de caída de voltaje y determinación de la demanda de diseño.

5.6.3. Cálculos para la caída de voltaje

Para el cálculo de la caída de voltaje se debe conocer si el análisis es en bajo o medio voltaje ya que en medio voltaje se toma en cuenta a la potencia de los centros de transformación que ve el tramo estudiado, en cambio en bajo voltaje se toma en cuenta la cantidad de usuarios y luminarias para determinar los factores que se usarán, en ambos casos se toma en cuenta la longitud de los tramos, la demanda de diseño, los parámetros intrínsecos del conductor utilizado, entre otros factores, la ecuación 3 muestra la fórmula general para calcular la caída de voltaje.

$$\Delta V\% = \frac{Dem * L}{FCV} \quad (3)$$

Donde:

ΔV : Caída de voltaje [%]

Dem: Demanda [kVA]

L: Longitud del tramo [m]

FCV: Factor de caída de voltaje de conductor [kVA-m]

5.6.3.1. Cálculo de caída de voltaje en bajo voltaje.

La ecuación 4 es la fórmula empleada para el cálculo de la caída de voltaje en bajo voltaje, es la fórmula que se utiliza dentro en la ELEPCO S.A. y se detalla a continuación:

$$\Delta V\% \text{ parcial} = \frac{(DMDp + Luminarias) * L}{FCV} \quad (4)$$

Donde:

ΔV parcial: Caída de voltaje en bajo voltaje [%]

DMDp: Demanda máxima diversificada proyectada [kVA]

Luminarias: Potencia total de las luminarias [kVA]

L: Longitud de tramo a tramo [m]

FCV: Factor de caída de voltaje de conductor [kVA-m]

5.6.3.2. Cálculo de caída de voltaje en medio voltaje.

La ecuación 5 es la fórmula empleada para el cálculo de la caída de voltaje en medio voltaje, es la fórmula que se utiliza en la ELEPCO S.A. y se detalla a continuación:

$$\Delta V\% \text{ parcial} = \frac{DD * L}{FCV} \quad (5)$$

Donde:

ΔV parcial: Caída de voltaje en medio voltaje [%]

DD: Demanda de diseño del transformador [kVA]

L: Longitud de tramo a tramo [m]

FCV: Factor de caída de voltaje de conductor [kVA*m]

5.6.4. Cálculos para la determinación de la demanda.

Para la determinación de la demanda eléctrica tomar en consideración la ecuación 6 que es la utilizada en ELEPCO S.A., el factor de diversidad dentro de la misma varía dependiendo del tipo y el número de usuarios que se disponga.

$$DD = \frac{DMUp * N}{FD} + CE + AP \quad (6)$$

DD: Demanda de diseño [kVA]

DMUp: Demanda máxima diversificada proyectada [kVA]

N: Número de usuarios

FD: Factor de diversidad

AP: Carga de alumbrado público [kVA]

CE: Cargas especiales puntuales [kVA]

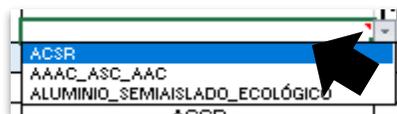
5.6.5. Uso de las herramientas computacionales

Cada una de las herramientas cuentan con una interfaz sencilla, donde algunas de las celdas cuentan con una lista desplegable como se observa en la figura 19, que permite al proyectista seleccionar los materiales y elementos con mayor rapidez ya que

cada herramienta cuenta con una base de datos de toda la información requerida para el desarrollo de los documentos requeridos por la entidad.

Figura 19

Selección de materiales



Nota. La figura muestra cómo se deben seleccionar los elementos dentro de las herramientas computacionales elaboradas en Macros del programa Excel.

5.6.6. *Uso de la herramienta computacional de determinación de la demanda*

5.6.6.1. Encabezado

Para ingresar los datos del proyecto se debe digitar en cada una de las celdas, como se presenta en la figura 20 a continuación, los datos ingresados son: Nombre del proyecto, Nombre del proyectista, ubicación del proyecto, número de circuito y tipo de usuario, este último solo debe ser seleccionado dentro de la lista desplegable.

Figura 20

Encabezado de la herramienta de determinación de la demanda

| DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA | |
|--|------------------------|
| PROYECTO: RED DE MEDIO VOLTAJE, BAJO VOLTAJE, ALUMBRADO PÚBLICO Y MONTAJE DE TRANSFORMADORES "NOMBRE DE LA URBANIZACIÓN - NÚMERO X POTENCIA DE LOS TRANSFORMADORES KVA". | |
| PROYECTISTA: | ING. NOMBRES APELLIDOS |
| CANTÓN: | NOMBRE DEL CANTÓN |
| PARROQUIA: | NOMBRE DE LA PARROQUIA |
| BARRIO: | NOMBRE DEL BARRIO |
| DIRECCIÓN: | DIRECCIÓN DEL PROYECTO |
| NÚMERO DE CIRCUITO: | NOMBRE DEL CIRCUITO |
| TIPO DE USUARIO: | C |

Nota. La figura muestra cómo es el encabezado de la herramienta de determinación de la demanda, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

5.6.6.2. Equipos eléctricos

Los pasos a seguir para ingresar la información de los equipos eléctricos es la siguiente:

1. Se coloca el número de ítems

2. Digitalizar el nombre de los equipos eléctricos en la descripción
3. Colocar la cantidad de equipos que se encuentran en el sistema
4. Ingresar la potencia nominal (Pm), Factor de frecuencia de uso en porcentaje y el factor de simultaneidad (FSn) el resto de ítems se auto completarán, en la figura 21 se muestra que datos debe ingresar el proyectista.

Figura 21

Información de los equipos eléctricos

| 1 | EQUIPOS ELÉCTRICOS | | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|---------------------------|----------|--------|--------|----------|----------|---------|----------|
| | 2 | 3 | 4 | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | Pn [W] | CI [W] | FFUn [%] | CIR [W] | FSn [%] | DMU [W] |
| 1 | Puntos de iluminación LED | 20 | 20 | 400 | 90% | 360 | 60% | 216,0 |
| 2 | Reflectores LED | 5 | 100 | 500 | 90% | 450 | 40% | 180,0 |
| 3 | Aire acondicionado | 2 | 2500 | 5.000 | 40% | 2.000 | 50% | 1.000,0 |
| 4 | Licuadaora | 2 | 300 | 600 | 70% | 420 | 40% | 168,0 |
| 5 | Refrigeradora | 2 | 350 | 700 | 90% | 630 | 90% | 567,0 |
| 6 | Equipo de sonido | 1 | 200 | 200 | 70% | 140 | 30% | 42,0 |
| 7 | Televisor LCD | 4 | 120 | 480 | 90% | 432 | 40% | 172,8 |
| 8 | Computador | 3 | 150 | 450 | 60% | 270 | 40% | 108,0 |
| 9 | Lavadora | 1 | 400 | 400 | 60% | 240 | 40% | 96,0 |
| 10 | Ventilador | 2 | 50 | 100 | 60% | 60 | 40% | 24,0 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | 5.002,00 | | 2.573,80 |

Nota. La figura muestra cómo se despliega la información de la herramienta de determinación de la demanda, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

5.6.6.3. Cálculo de la demanda

Para finalizar se debe digitalizar los datos de Factor de potencia, tasa de incrementó de potencia anual, el número de años de proyección este valor es de 10 años, como se muestra en la figura 22 a continuación, y así poder determinar la demanda de diseño y con eso saber el tipo de transformador a instalar.

Figura 22

Cálculo de la potencia del transformador a implementar

| | | |
|---|--|-------------|
| DEMANDA MÁXIMA UNITARIA (DMU) [kW] | | 2,574 |
| FACTOR DE POTENCIA (FP) | | 0,95 |
| TASA DE INCREMENTO DE POTENCIA ANUAL (i) | | 4% |
| NÚMERO DE AÑOS DE PROYECCIÓN (n) | | 10,00 |
| TASA DE INCREMENTO (Ti) | | 1,480 |
| DEMANDA MÁXIMA UNITARIA (DMU) [kVA] | | 2,709 |
| DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PROYECTADA (DMUp) [kVA] | | 4,010 |
| | | |
| NÚMERO DE LUMINARIAS | | 10 |
| POTENCIA DE LAS LUMINARIAS [W] | | 150 |
| FACTOR DE POTENCIA DE LAS LUMINARIAS | | 0,95 |
| DEMANDA DE ALUMBRADO PÚBLICO [kVA] | | 1,579 |
| | | |
| NÚMERO DE CARGAS ESPECIALES | | 0 |
| POTENCIA DE LAS CARGAS ESPECIALES [W] | | 0 |
| FACTOR DE POTENCIA DE LAS CARGAS ESPECIALES | | 1,00 |
| DEMANDA DE CARGAS ESPECIALES [kVA] | | 0,0 |
| | | |
| NÚMERO DE USUARIOS (N) | | 18 |
| FACTOR DE DIVERSIDAD (FD) | | 2,21 |
| DEMANDA DE DISEÑO (DD) [kVA] | | 34,243 |
| TRANSFORMADOR RECOMENDADO [kVA] | | 37,5 |

Nota. La figura muestra el orden en el que se realiza el cálculo de la potencia del transformador, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

5.6.7. Uso de la herramienta computacional de caída de voltaje en bajo voltaje

5.6.7.1. Encabezado

Los datos que se deben ingresar son: nombre del proyecto, ubicación, número de circuito, tipo de red, nivel de voltaje, cantidad de usuarios, límite máximo de caída de voltaje y el tipo de usuario, como se muestra en la figura 23 a continuación.

Figura 23

Datos informativos del proyecto

| CÓMPUTO DE CAIDAS DE VOLTAJE EN REDES DE BAJO VOLTAJE | | |
|---|--|------------------------------------|
| PROYECTO: NOMBRE DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | |
| CANTÓN: NOMBRE DEL CANTÓN DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | TIPO DE RED: |
| PARROQUIA: NOMBRE DE LA PARROQUIA DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | NIVEL DE VOLTAJE SECUNDARIO: |
| BARRIO: NOMBRE DEL BARRIO DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | NÚMERO DE USUARIOS: |
| DIRECCIÓN: DIRECCIÓN DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | LÍMITE MÁXIMO DE CAIDA DE VOLTAJE: |
| NÚMERO DE CIRCUITO: NÚMERO DE CIRCUITO DEL PROYECTO | | TIPO DE USUARIOS: |

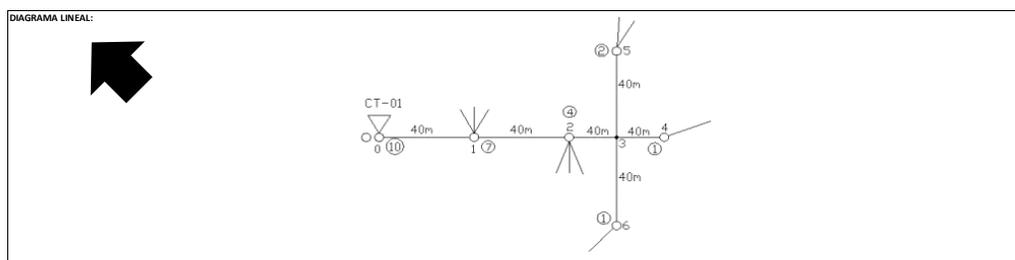
Nota. La figura muestra cómo es el encabezado de la herramienta de caída de voltaje en bajo voltaje, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

5.6.7.2. Diagrama

El diagrama se debe colocar en la celda que se muestra en la figura 24 a continuación, el diagrama debe ser legible y contener la respectiva simbología.

Figura 24

Diagrama lineal de redes de bajo voltaje



Nota. La figura muestra cómo es el diagrama lineal de la herramienta de caída de voltaje en bajo voltaje, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

5.6.7.3. Cálculo de la caída de voltaje

La tabla para el cálculo de caída de voltaje se divide en 4 secciones las cuales son: datos, demanda máxima de diseño proyectada, conductor y cómputo, como se muestra en la figura 25 a continuación.

Figura 25

Ítems para el cálculo de la caída de voltaje en redes de bajo voltaje

| DATOS | | | | DMDp | CONDUCTOR | | | | | | |
|--------|-----|--------------|----------|------------------|----------------|-------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------|
| TRAMO | | | USUARIOS | LUMINARIAS [KVA] | | [KVA] | TIPO DE CONDUCTOR | NÚMERO DE FASES Y CONDUCTORES | CALIBRE DEL CONDUCTOR FASE_NEUTRO | FCV [kVA-m] | kVA-m |
| INICIO | FIN | LONGITUD [m] | | 0,1 | POTENCIA TOTAL | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Nota. La figura muestra cómo son los ítems de la herramienta computacional de caída de voltaje en bajo voltaje, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

Sección 1: los datos se debe ingresar la nomenclatura del inicio y final del tramo al igual que la distancia en metros que existe entre estos dos puntos, el número de usuarios que se encuentran conectados en ese tramo, además se debe ingresar el número de luminarias del alumbrado público que se instalarán en el tramo también se debe colocar el valor de potencia de las luminarias cómo se muestra en la figura 26 a continuación.

Figura 26*Datos de la red de bajo voltaje*

| DATOS | | | | | | |
|--------|-------|--------------|----------|------------------|-----|--|
| TRAMO | | | USUARIOS | LUMINARIAS [KVA] | | |
| INICIO | FIN | LONGITUD [m] | | 0,1 | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
| P2 | P1 | 30 | 6 | 2 | 0,2 | |
| P1 | P1875 | 30 | 2 | 1 | 0,1 | |
| P2 | P3 | 30 | 8 | 2 | 0,2 | |
| P3 | P4 | 30 | 4 | 1 | 0,1 | |
| - | - | | 0 | | 0 | |

Nota. La figura muestra los ítems de la sección datos, de la herramienta de caída de voltaje en bajo voltaje, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

Sección 2: La demanda máxima diversificada proyectada no se debe ingresar ningún valor ya que la herramienta realizará el cálculo dependiendo de varios factores antes ingresados como el número y el tipo de usuarios.

Sección 3: se selecciona los parámetros del conductor que se implementara en la red, estos datos se deben seleccionar una única vez y la herramienta completará cada una de las casillas que le corresponde estos datos son: tipo de conductor, número de fases y conductores, calibre del conductor (fase y neutro), en la figura 27 a continuación se muestra el lugar donde se debe seleccionar estos datos, además el factor de caída de voltaje se autocompleta con los datos antes seleccionados.

Figura 27*Datos del conductor*

| CONDUCTOR | | | |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| TIPO DE CONDUCTOR | NÚMERO DE FASES Y CONDUCTORES | CALIBRE DEL CONDUCTOR FASE_NEUTRO | FCV [kVA-m] |
| 6 | 7 | 8 | 9 |
| PREENSAMBLADO ACSR | 2F - 3C | 1/0 + 1/0 | 504 |
| PREENSAMBLADO ACSR | 2F - 3C | 1/0 + 1/0 | 504 |
| PREENSAMBLADO ACSR | 2F - 3C | 1/0 + 1/0 | 504 |
| PREENSAMBLADO ACSR | 2F - 3C | 1/0 + 1/0 | 504 |
| PREENSAMBLADO ACSR | 2F - 3C | 1/0 + 1/0 | 504 |

Nota. La figura muestra los ítems de la sección conductor, de la herramienta de caída de voltaje en bajo voltaje, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

Sección 4: Con los datos anteriormente seleccionados la herramienta realizará el cálculo de la caída de voltaje parcial y con estos valores se logrará encontrar la máxima caída de voltaje que se encontrará en la red, en la figura 28 se puede observar el cómputo a continuación donde el último en el acumulado es el máximo valor de esta caída de voltaje.

Figura 28

Cómputo de la caída de voltaje en redes de bajo voltaje

| CÓMPUTO | | |
|---------|----------------------|-----------|
| kVA-m | CAIDA DE VOLTAJE [%] | |
| | PARCIAL | ACUMULADO |
| 10 | 11 | |
| 222,93 | 0,44 | 0,442 |
| 101,91 | 0,20 | 0,645 |
| 266,40 | 0,53 | 1,173 |
| 168,90 | 0,34 | 1,508 |
| 0,00 | 0,00 | 1,508 |

Nota. La figura muestra los ítems de la sección cómputo, de la herramienta de caída de voltaje en bajo voltaje, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

5.6.8. *Uso de la herramienta computacional de caída de voltaje en medio voltaje*

El cálculo de caída de voltaje en redes de medio voltaje es relativamente similar al de bajo voltaje, pero este contiene algunas variantes, a continuación, se presenta el uso de la misma.

5.6.8.1. Encabezado

Los datos que se deben ingresar son: nombre del proyecto, ubicación, número de circuito, tipo de red, nivel de voltaje primario, límite máximo de caída de voltaje, como se muestra en la figura 29 a continuación.

Figura 29

Datos informativos del proyecto

| | | |
|--|--|------------------------------------|
| PROYECTO: NOMBRE DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | | |
| CANTÓN: | NOMBRE DEL CANTÓN DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | TIPO DE RED: |
| PARROQUIA: | NOMBRE DE LA PARROQUIA DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | NIVEL DE VOLTAJE PRIMARIO: |
| BARRIO: | NOMBRE BARRIO DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | LÍMITE MÁXIMO DE CAIDA DE VOLTAJE: |
| DIRECCIÓN: | DIRECCIÓN DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO | |
| NÚMERO DE CIRCUITO: | NÚMERO DE CIRCUITO DEL PROYECTO | |

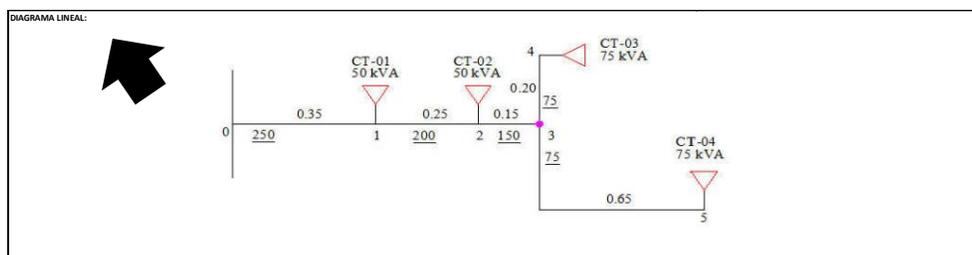
Nota. La figura muestra cómo es el encabezado y los datos informativos de la herramienta computacional de caída de voltaje en medio voltaje, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

5.6.8.2. Diagrama

El diagrama se debe colocar en la celda con el nombre “DIAGRAMA LINEAL” como se muestra en la figura 30, además el gráfico debe ser legible y contener la respectiva simbología.

Figura 30

Diagrama lineal de redes de medio voltaje



Nota. La figura muestra cómo es el diagrama lineal de la herramienta de caída de voltaje en medio voltaje, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

5.6.8.3. Cómputo de la caída de voltaje

El cómputo de la caída de voltaje en redes de medio voltaje se divide en 4 secciones la tabla y contiene la siguiente información: datos, demanda de diseño proyectada, conductor y cómputo, como se muestra en la figura 31 a continuación.

Figura 31

Ítems para el cálculo de la caída de voltaje en redes de medio voltaje

| DATOS | | | | DD | CONDUCTOR | | | | |
|--------|-----|---------------|---------------|-----|-------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| TRAMO | | | TRANSFORMADOR | | DEMANDA DE DISEÑO [kVA] | TIPO DE CONDUCTOR | NÚMERO DE FASES Y CONDUCTORES | CALIBRE DEL CONDUCTOR FASE_NEUTRO | FCV [kVA-m] |
| INICIO | FIN | LONGITUD [km] | REFERENCIA | kVA | | | | | |

Nota. La figura muestra los ítems de la herramienta computacional de caída de voltaje en medio voltaje, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

Sección 1: Para los datos, se debe ingresar la nomenclatura del inicio y final del tramo al igual que la longitud en kilómetros que existe entre estos dos puntos, luego se procede a colocar el nodo donde se conecta el transformador y su potencia en kVA, como se muestra en la figura 32 a continuación.

Figura 32

Datos de la red de medio voltaje

| DATOS | | | | |
|--------|------|---------------|---------------|------|
| TRAMO | | | TRANSFORMADOR | |
| INICIO | FIN | LONGITUD [km] | REFERENCIA | kVA |
| 1 | 2 | 3 | 4 | |
| P875 | - P1 | 0,03 | 2 | 37,5 |
| P1 | - P2 | 0,03 | 2 | 37,5 |
| P3 | - P4 | | | |
| P4 | - P5 | | | |
| P5 | - P6 | | | |
| P6 | - P7 | | | |
| P7 | - P8 | | | |
| P8 | - P9 | | | |

Nota. La figura muestra cómo se distribuye la sección datos de la herramienta de caída de voltaje en medio voltaje, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

Sección 2: Demanda de diseño, en esta sección se ingresa la demanda de diseño expresado en kVA, se tiene en cuenta que esta demanda es la capacidad del transformador, si se tiene más de un transformador se anota los kVA que ve el tramo correspondiente con respecto a los transformadores como se muestra en la figura 33 a continuación.

Figura 33*Demanda de diseño*

| DATOS | | | | | DD |
|--------|-----|---------------|---------------|-----|-------------------------|
| TRAMO | | | TRANSFORMADOR | | DEMANDA DE DISEÑO [kVA] |
| INICIO | FIN | LONGITUD [km] | REFERENCIA | kVA | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 |
| P875 | - | P1 | 0,03 | 2 | 37,5 |
| P1 | - | P2 | 0,03 | 2 | 37,5 |
| P3 | - | P4 | | | |
| P4 | - | P5 | | | |

Nota. La figura muestra la sección demanda de diseño de la herramienta de caída de voltaje en medio voltaje, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

Sección 3: Conductor, se selecciona los parámetros del conductor que se implementara en la red, estos datos se deben seleccionar una única vez y la herramienta completará cada una de las celdas que le corresponde estos datos son: tipo de conductor, número de fases y conductores, calibre del conductor (fase y neutro), también se encuentra el factor de caída de voltaje este se autocompleta con los datos antes seleccionados, como se muestra en la figura 34 a continuación.

Figura 34*Datos del conductor*

| CONDUCTOR | | | |
|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| TIPO DE CONDUCTOR | NÚMERO DE FASES Y CONDUCTORES | CALIBRE DEL CONDUCTOR FASE_NEUTRO | FCV [kVA-m] |
| 6 | 7 | 8 | 9 |
| ACSR | 2F - 3C | 1/0 + 1/0 | 1593 |
| ACSR | 2F - 3C | 1/0 + 1/0 | 1593 |
| ACSR | 2F - 3C | 1/0 + 1/0 | 1593 |
| ACSR | 2F - 3C | 1/0 + 1/0 | 1593 |

Nota. La figura muestra la sección del conductor de la herramienta de caída de voltaje en medio voltaje, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

Sección 4: Cómputo, con los datos anteriormente seleccionados la herramienta realizará el cálculo de la caída de voltaje parcial y con estos valores se logrará encontrar la máxima caída de voltaje que se encontrará en la red, en la figura 35 se puede observar el cómputo.

Figura 35

Cómputo de la caída de voltaje en redes de medio voltaje

| CÓMPUTO | | |
|---------|-----------------------|-----------|
| kVA-m | CAÍDA DE VOLTIAJE [%] | |
| | PARCIAL | ACUMULADO |
| 10 | 11 | 12 |
| 1,13 | 0,00 | 0,000706 |
| 1,13 | 0,00 | 0,0014124 |
| 0,00 | 0,00 | 0,001 |
| 0,00 | 0,00 | 0,001 |
| 0,00 | 0,00 | 0,001 |
| 0,00 | 0,00 | 0,001 |

Nota. La figura muestra la sección cómputo de la herramienta de caída de voltaje en medio voltaje, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

5.6.9. Uso de la herramienta computacional de elaboración de presupuesto

5.6.9.1. Encabezado

Los datos que se deben ingresar son: el nombre del proyecto y ubicación, como se muestra en la figura 36.

Figura 36

Encabezado de la herramienta de presupuesto referencial

| PRESUPUESTO REFERENCIAL | |
|-------------------------|--|
| PROYECTO: | NOMBRE DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO |
| CANTÓN: | NOMBRE DEL CANTÓN DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO |
| PARROQUIA: | NOMBRE DE LA PARROQUIA DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO |
| BARRIO: | NOMBRE DEL BARRIO DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO |
| DIRECCIÓN: | DIRECCIÓN DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO |

Nota. La figura muestra el encabezado de la herramienta computacional de elaboración de presupuestos, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

5.6.9.2. Lista de materiales

La lista de materiales cuenta con 6 partidas que ya fueron detalladas con anterioridad, se debe ingresar las unidades, la cantidad, valor unitario para que se calcule el valor total, con esto se puede encontrar el presupuesto con el que se debe contar para el desarrollo del proyecto, como se muestra en la figura 37 a continuación.

Figura 37

Lista de materiales del presupuesto referencial

| LISTA DE MATERIALES | | | | | |
|---------------------------------------|---|--------|----------|----------------|-------------|
| PARTIDA A: POSTES TORRES Y ACCESORIOS | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| 1 | Poste Hormigón armado Circular de 10m carga de rotura 675kg | | | | 0,00 |
| 2 | | | | | 0,00 |
| 3 | | | | | 0,00 |
| 4 | | | | | 0,00 |
| SUBTOTAL PARTIDA A | | | | | 0,00 |
| PARTIDA B: CONDUCTORES Y ACCESORIOS | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| 1 | Conductor TW Cu #3/0 AWG | | | | 0,00 |
| 2 | | | | | 0,00 |
| 3 | | | | | 0,00 |
| 4 | | | | | 0,00 |
| | | | | | 0,00 |

Nota. La figura muestra la lista de materiales de la herramienta computacional de elaboración de presupuestos, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

Cada celda en la descripción cuenta con una lista desplegable como se muestra en la figura 38 a continuación, para con esto poder seleccionar el material que se utiliza, también existen celdas que no contienen listas desplegables donde se puede escribir el material en el caso que no se encuentre en la herramienta, cada partida contiene dichas listas.

Figura 38

Lista desplegable de la Partida A

| | |
|---|---|
| Poste Hormigón armado Circular de 10m carga de rotura 675kg | ▼ |
| Poste Hormigón armado Circular de 10m carga de rotura 675kg | ▲ |
| Poste Hormigón armado Circular de 10m carga de rotura 2000kg | |
| Poste Hormigón armado rectangular de 10m carga de rotura 2000kg | |
| Poste Hormigón armado Circular de 12m carga de rotura 400kg | |
| Poste Hormigón armado Circular de 12m carga de rotura 500kg | |
| Poste Hormigón armado Circular de 12m carga de rotura 600kg | |
| Poste Hormigón armado Circular de 12m carga de rotura 1000kg | |
| Poste Hormigón armado Circular de 12m carga de rotura 2000kg | ▼ |

Nota. La figura muestra el despliegue de los elementos de la herramienta de elaboración de presupuestos, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

5.6.10. Uso de la herramienta computacional de plantilla de estructuras

5.6.10.1. Encabezado

Los datos que se deben ingresar son: el nombre del proyecto y ubicación del mismo al igual que en la factibilidad de servicio, como se muestra en la figura 39 a continuación.

Figura 39

Encabezado de la planilla de estructuras valoradas

| PLANILLA DE ESTRUCTURAS VALORADA | |
|----------------------------------|--|
| PROYECTO: | NOMBRE DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO |
| CANTÓN: | NOMBRE DEL CANTÓN DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO |
| PARROQUIA: | NOMBRE DE LA PARROQUIA DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO |
| BARRIO: | NOMBRE DEL BARRIO DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO |
| DIRECCIÓN: | DIRECCIÓN DEL PROYECTO COMO SE ENCUENTRA EN LA FACTIBILIDAD DE SERVICIO |

Nota. La figura muestra cómo es el encabezado de la herramienta computacional de planilla de estructura, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

5.6.10.2. Planilla de estructuras valoradas

Para ingresar los datos de las estructuras se debe conocer la nomenclatura de la estructura en UCa que son unidades de construcción abreviada, se selecciona el elemento, a continuación, en la celda descripción se completara automáticamente, consecutivamente se debe completar las celdas de cantidad, unidad y valor unitario y total para finalizar la herramienta realizara el cálculo automáticamente, como se muestra en la figura 40 a continuación.

Figura 40

Selección de materiales e ingreso de datos

| ÍTEM | ESTRUCTURA UCa | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | VALOR UNITARIO |
|------|----------------|---|----------|--------|----------------|
| 1 | AAAC5005.4/0 | Conductor AAAC 5005 #4/0 AWG | | | |
| 2 | PEC10 | Poste Metálico Circular de 10m | | | |
| 3 | PEC10 | Transformador 13 kV 1F autoproteg. 5 kVA en poste | | | |
| 4 | PEC10.5 | Lum. 240 V Na 100 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |

Nota. La figura muestra cómo se realiza la selección de materiales en la herramienta de planilla de estructuras, que fue elaborada en Macros del programa Excel.

5.7. Metodología para ejecutar la propuesta

La implementación por un lado se refiere al diseño y despliegue de sistemas, estrategias y herramientas dirigidas a influir en el comportamiento de los contratistas con el fin de lograr su adherencia a las recomendaciones dadas sobre la elaboración de documentación para el desarrollo de proyectos eléctricos, también al proceso que se lleva a cabo para que éstas guías sean adoptadas y adaptadas por los contratistas internos, es decir, aspectos intrínsecos y extrínsecos, respectivamente.

5.8. Aspectos intrínsecos de la aplicación de las guías

Las guías presentadas son elaboradas después de haber hecho una investigación extensa sobre el tema, lo que permite aludir que aquellos escritos han sido elaborados por expertos o experimentados profesionales en el área, y que han de ser usadas y leídas por personal con menor experiencia, es por este último motivo que se ha proporcionado un escrito bastante explícito que permite identificar áreas de posible confusión, generar propuestas simples e incluso desarrollar herramientas informatizadas que presenten y permitan conocer de forma rápida y correcta la información en diferentes niveles.

Se presentan elementos necesarios que facilitan la implementación de las guías, así mismo, aspectos que se deben tener en cuenta durante el proceso de elaboración, con el fin de mejorar la calidad y de facilitar su uso.

Sobre la implementación de las guías, se incorporan varias dimensiones como la claridad de la presentación, que incluye estructura y aspectos del formato; la aplicabilidad, haciendo referencia a posibles barreras y factores facilitadores del uso de las guías, estrategias para mejorar la adherencia y las implicaciones de la aplicación de las guías en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO SA.

Por otro lado, existen factores directamente relacionados a la implementación rápida:

- Extensión: Los documentos muy extensos dificultan la búsqueda rápida de respuestas y debido a eso son desechadas, por lo que las guías de diseño se incorporan al sistema en tres partes que son altamente distinguibles entre si.
- Presentación: Es importante al momento de leer un documento que cuente con un índice presentable y didáctico que ayuda a la búsqueda de información dentro de todos los documentos.
- Estilo: El estilo conlleva un tipo de letra legible y agradable a la vista para que el contratista externo se sienta a gusto con la utilización de las guías de diseño
- Lenguaje: El lenguaje debe ser técnico y preciso tal que los contratistas entiendan y procesen toda la información y puedan usarla a su beneficio.
- Material adjunto: La información muy extensa que también ayuda en la elaboración de documentación se adjunta al final de cada una de las guías de diseño para que sean utilizadas.
- Objetivos, resumen y recomendaciones: Estos apartados son importantes para el breve entendimiento de los documentos, el encuentro de información y la elaboración de propuestas de valor.

Con todo lo mencionado anteriormente, se está seguro del material desarrollado de este trabajo de investigación, el paso siguiente es promocionar, vender y socializar las guías de diseño, esto con el fin de que sean adoptadas por contratistas externos que realizan proyectos eléctricos de distribución en ELEPCO S.A.

Capítulo VI

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

En este trabajo de investigación se desarrolló y se aplicó las guías de diseño y las herramientas computacionales para redes de distribución de medio y bajo voltaje en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A., esto sirve como soporte a los contratistas externos en la elaboración de este tipo de proyectos eléctricos, lo más importante de este desarrollo y aplicación fue que se disminuyó el tiempo empleado en la elaboración de documentación de más de 48 horas, a menos de 24 horas según las encuestas realizadas a varios contratistas.

Lo que más ayudó para el desarrollo de esta investigación fue información de repositorios digitales del Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, regulaciones de entidades gubernamentales, guías de diseño de otras empresas de distribución como la Empresa Eléctrica Quito EEQ S.A. y la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. EEASA, además, como la fuente más importante, la experiencia del personal interno de la ELEPCO S.A., porque son los que receptan y aprueban la documentación de los contratistas externos.

Lo más difícil de esta investigación fue descartar información, estructuras o ecuaciones encontradas que no se utilizan ni se utilizarán en proyectos futuros porque los sistemas de distribución de energía van cambiando constantemente o porque simplemente no se acoplan a prestaciones que requiere la empresa distribuidora en cuestión.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda a la entidad correspondiente dentro de ELEPCO S.A. la difusión a gran escala de este trabajo de investigación por medio de canales oficiales para que exista una aceptación más rápida por parte de los contratistas externos y que los mismos verifiquen los beneficios que las guías de diseño y las herramientas computacionales desarrolladas prestan al momento de generar documentos, que son necesarios para la elaboración y aprobación de proyectos eléctricos de distribución de medio y bajo voltaje en la empresa eléctrica antes mencionada.

A pesar de que las herramientas computacionales gracias a estar desarrolladas en Macros de Excel repelen varios errores que se puede cometer al momento de utilizarlas, es recomendable seguir la guía que se presenta en esta investigación para poder usarlas, además de eso, es necesario, tener un grado de conocimiento previo sobre lo que se va a ejecutar para que el resultado final que entrega la herramienta computacional sea favorable.

Con el transcurso del tiempo este trabajo de investigación debe seguir actualizándose para que sea funcional, se recomienda en un futuro tomar en cuenta las consecuentes sustitutivas de las regulaciones que se utilizaron y las nuevas normativas que surgirán por parte de entidades gubernamentales en el área eléctrica, además de eso se debe considerar las actualizaciones tecnológicas que se den a las redes de distribución en la ELEPCO S.A.

Bibliografía

(AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES

NO RENOVABLES. (2018). *ARCERNNR*. Recuperado el 15 de junio de 2021,
de

<https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2018/06/Resolucio%CC%81n-018-18-Franjas-de-seguridad.pdf>

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES

NO RENOVABLES. (2020). *ARCERNNR*. Recuperado el 20 de junio de 2021,
de

<https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2021/01/Regulacion-002-20.pdf>

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES

NO RENOVABLES. (2020). *ARCERNNR*. Recuperado el 27 de junio de 2021,
de

<https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2021/01/Regulacion-006-20.pdf>

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES

NO RENOVABLES. (2020). *ARCERNNR*. Recuperado el 03 de julio de 2021, de
<https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2021/03/Resolucion-Nro-ARCERNNR-001-2020.pdf>

Albarrasín, D. F. (2014). *DEMANDA TOTAL DE LA CARGA ELÉCTRICA DE LA EDIFICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA MANÁ*.

Recuperado el 15 de junio de 2021, de

<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4629/1/TM-000192.pdf>

Cevallos, L. E. (2015). *ESTUDIO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA DIVERSIFICADA EN EDIFICIOS RESIDENCIALES*. Recuperado el 18 de junio de 2021, de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8058/6/UPS%20-%20KT01011.pdf>

Cocha, C. A., & Toapanta, E. G. (2019). *ANÁLISIS DEL NIVEL DE VOLTAJE DEL ALIMENTADOR SALCEDO – CENTRO”, DE LA SUBESTACIÓN SALCEDO.*

Recuperado el 07 de mayo de 2021, de

<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5589/1/PI-001106.pdf>

CORTE CONSTITUCIONAL DEL ECUADOR. (2019). *EDICIONES LEGALES.*

Recuperado el 11 de agosto de 2021, de

<https://www.rekursyenergia.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe%CC%81tica.pdf>

Domínguez, E., & Molina, M. A. (2011). *NORMAS TÉCNICAS PARA DISEÑO Y EXPANSIÓN DE LAS REDES SECUNDARIAS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR S.A.*

Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/712/1/te306.pdf>

Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (2021). *EEASA.* Recuperado el 25 de mayo de 2021, de <https://www.eeasa.com.ec/guias-de-diseno/>

Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. (2021). *ELELCO S.A.* Recuperado el 29 de mayo de 2021, de <https://elepcosa.com.ec/>

Empresa Eléctrica Quito S.A. (2021). *EEQ S.A.* Recuperado el 26 de mayo de 2021, de <https://www.eeq.com.ec:8443/documentacion-y-otros/documentacion>

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. (2000). *CIE.* Recuperado el 01 de agosto de 2021, de <https://fddocuments.in/document/cie-140-2000-road-lighting-calculations.html>

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. (2010). *CIE.* Recuperado el 09 de agosto de 2021, de https://kupdf.net/download/cie-115-2010-road-lighting_59086c84dc0d603107959e7a_pdf

- Marroquín, R. (2013). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE*. Recuperado el 10 de julio de 2021, de <http://200.48.31.93/Titulacion/2013/exposicion/SESION-4-METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION.pdf>
- Niño, V. M. (2011). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DISEÑO Y EJECUCIÓN*. Bogotá. Recuperado el 13 de julio de 2021, de <https://download.e-bookshelf.de/download/0003/5946/06/L-G-0003594606-0006935685.pdf>
- Orellana, C. M., & Pañi, M. I. (2015). *INCIDENCIA DEL PROGRAMA COCCIÓN EFICIENTE EN LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA EN EL SECTOR RESIDENCIAL RURAL DE LA CIUDAD DE CUENCA*. Recuperado el 15 de mayo de 2021, de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21267/1/tesis.pdf>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio*. Recuperado el 05 de junio de 2021, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Razo, J. L. (2021). *ESTUDIO DE LOS ÍNDICES DE CONFIABILIDAD TTIK Y FMIK DE LA EMPRESA ELEPCO S.A. EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL AÑO 2020*. Recuperado el 02 de junio de 2021, de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7860/1/PI-001679.pdf>
- Sánchez Gamboa, F. I. (2015). *ACTUALIZACIÓN DE LAS NORMAS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN CON LA INCORPORACIÓN DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN APLICADAS A LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A.* Recuperado el 29 de abril de 2021, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12279>

Anexos