



1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS

NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA.

***“DISEÑO DE LA RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA LA
ZONA CÉNTRICA DE LA CIUDAD DE ZAMORA.”***

**TESIS DE GRADO PREVIO A OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERA ELECTROMECÁNICA**

AUTORA:

Jennyfer Janine Jaramillo Luzuriaga.

DIRECTOR:

Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio, Mg, Sc.

LOJA-ECUADOR

2020

CERTIFICACIÓN

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en "***DISEÑO DE LA RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA LA ZONA CÉNTRICA DE LA CIUDAD DE ZAMORA***", previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electromecánica**, realizado por la señorita egresada: **Jennyfer Janine Jaramillo Luzuriaga**, mismo que cumple con la reglamentación, políticas y objetivos de la investigación, por lo que Autorizo la presentación del mismo para los fines legales pertinentes.

Loja, 05 de marzo del 2019



Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, **JENNYFER JANINE JARAMILLO LUZURIAGA**, declaro ser Autora del presente trabajo de tesis, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y Autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca virtual.

Firma: 

Cédula: 1900583335

Fecha: 24/07/2020

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTORA, PARA LA
CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TEXTO COMPLETO**

Yo, **JENNYFER JANINE JARAMILLO LUZURIAGA**, declaro ser Autora de la tesis titulada: **“DISEÑO DE LA RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA LA ZONA CÉNTRICA DE LA CIUDAD DE ZAMORA”**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERA ELECTROMECAÁNICA**; Autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta Autorización, en la ciudad de Loja, a los veinticuatro días del mes de julio del dos mil veinte.

Firma: 

Autora: Jennyfer Janine Jaramillo Luzuriaga

Cédula: 1900583335

Dirección: Loja (Los Rosales: Ángel Saavedra...)

Correo electrónico: jenn.luz95@gmail.com

Celular: 0996692708

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio, Mg. Sc.

Tribunal de grado: Ing. Jorge Patricio Muñoz Vizhñay, Mg. Sc.

Ing. Jorge Enrique Carrión González, Mg. Sc.

Ing. Julio Roberto Gómez Peña, Mg. Sc.

DEDICATORIA

Esta tesis de grado es algo muy importante para el inicio de mi vida profesional, por tal razón le dedico primeramente a Dios por permitirme lograr este objetivo, bajo su bendición y cuidado. A mi madre Rosa Luzuriaga y hermano Jorge Jaramillo quienes durante todo este tiempo han estado a mi lado apoyándome y dándome ánimos para seguir adelante, sé que han hecho esfuerzos increíbles para que nunca nada me faltara, sin dejar de lado al que ha sido mi amigo y papá Angel Loaiza, quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A toda mi querida familia, alguna vez necesite de todos ustedes y nunca dudaron en brindarme su apoyo, un consejo, una mano amiga, siempre recordare todos esos momentos de cariño y confianza brindados. En especial a mi prima Yesenia te agradezco por toda tu ayuda y aportes a mi proyecto de tesis al igual que todos los buenos momentos pasados.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas durante estos cinco años que estuvieron a mi lado apoyándome incondicionalmente.

Gracias a todos

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecer a Dios a quien todos los días me encomiendo y me ha permitido seguir con vida y lograr obtener este objetivo. A mi madre y hermano por el apoyo incondicional brindado en todo momento, que hicieron posible terminar mis estudios universitarios.

Mi agradecimiento de todo corazón a la Carrera de Ingeniería Electromecánica, de la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, por acogerme durante 5 años en sus aulas y brindarme junto con sus docentes, una excelente formación académica. Un agradecimiento especial al Ing. Iván Coronel Villavicencio, director de la presente tesis y al Ing. Jorge Carrión González, quienes me brindaron su guía y apoyo para poder culminar este trabajo con éxito.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-------------|
| CERTIFICACIÓN | ii |
| AUTORÍA | iii |
| CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTORA, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xiii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xiv |
| 1. TÍTULO: | 1 |
| 2. RESUMEN | 2 |
| ABSTRACT | 3 |
| 3. INTRODUCCIÓN | 4 |
| 4. REVISIÓN LITERARIA | 6 |
| 4.1. Redes de distribución de energía | 6 |
| 4.1.1 Distribución de energía eléctrica | 6 |
| 4.1.2. Clasificación de los sistemas de distribución de acuerdo a su construcción. | 6 |
| 4.1.2.1. Redes de distribución aéreas de media tensión..... | 6 |
| 4.1.2.2. Redes de distribución subterráneas..... | 10 |
| 4.1.3. Clasificación de las redes de distribución de acuerdo a voltajes nominales. | 11 |
| 4.1.3.1. Redes de distribución secundarios..... | 11 |
| 4.1.3.2. Redes de distribución primarias..... | 13 |
| 4.1.4. Clasificación de las redes de distribución de acuerdo al tipo de cargas. | 13 |
| 4.1.4.1. Redes de distribución para cargas residenciales..... | 13 |
| 4.1.4.2. Redes de distribución para cargas comerciales..... | 14 |
| 4.1.4.3. Redes de distribución para cargas industriales | 14 |
| 4.1.4.4. Redes de distribución para cargas de alumbrado público..... | 14 |
| 4.1.4.5. Redes de distribución para cargas mixtas..... | 14 |

| | |
|--|----|
| 4.1.5. Normativas para el soterramiento de redes de distribución eléctricas vigentes en el país..... | 15 |
| 4.1.6. Equipos y criterios de selección según la “Homologación de las UP y UC en sistemas de distribución de energía eléctrica de redes subterráneas”..... | 16 |
| 4.1.6.1. Transformadores. | 16 |
| 4.1.6.2. Equipos de seccionamiento y protección..... | 18 |
| 4.1.6.3. Accesorios..... | 24 |
| 4.1.6.4. Conductores | 30 |
| 4.1.6.5. Transición de red aérea – subterránea..... | 32 |
| 4.1.6.6. Transición subterránea de Media Tensión. | 32 |
| 4.1.6.7. Acometidas domiciliarias..... | 33 |
| 4.1.7. Alumbrado público..... | 34 |
| 4.1.7.1. Requisitos generales para un sistema de iluminación..... | 35 |
| 4.1.7.2. Otras Fuentes Luminosas. | 36 |
| 4.1.7.3. Duración o vida útil de la fuente lumínica..... | 36 |
| 4.1.7.4. Iluminación eficiente. | 36 |
| 4.1.7.5. Uso de software para diseño de sistemas de iluminación. | 36 |
| 4.1.7.6. Información sobre condiciones ambientales de servicio. | 38 |
| 4.1.7.7. Requisitos eléctricos y mecánicos de las luminarias y reflectores. | 38 |
| 4.1.8. Normas y reglamentos vigentes en el Ecuador para el diseño de alumbrado público. | 39 |
| 4.1.8.1. Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 069 “alumbrado público” – Documento Nacional. | 39 |
| 4.1.8.2. Regulación CONELEC 008/11 – Documento Nacional..... | 39 |
| 4.1.9. Consideraciones técnicas del diseño del alumbrado público..... | 40 |
| 4.1.9.1. Clases de iluminación según las características de las vías. | 40 |
| 4.1.9.2. Requisitos de iluminación mantenidos para vías vehiculares..... | 41 |
| 4.1.9.3. Requisitos de iluminación para vías peatonales y de ciclistas. | 42 |
| 4.1.9.4. Niveles exigidos de luminancia e iluminancia en alumbrado público..... | 42 |
| 4.1.9.5. Configuraciones básicas de localización de puntos de iluminación. | 44 |
| 4.1.9.6. Postes para alumbrado público. | 44 |
| 4.1.9.7. Postes exclusivos de alumbrado público de doble propósito..... | 45 |
| 4.1.10. Clasificación de las superficies de las calzadas (estado seco)..... | 46 |
| 4.1.10.1. Tipos de pavimento..... | 48 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2. Situación actual del circuito de distribución de media y baja tensión de la zona céntrica de Zamora. | 49 |
| 4.2.1. Principales materiales y equipos existentes en la zona de estudio | 50 |
| 4.2.1.1. Transformadores. | 50 |
| 4.2.1.2. Postes. | 51 |
| 4.2.1.3. Luminarias. | 53 |
| 4.2.1.4. Conductores. | 55 |
| 4.2.1.5. Equipos de seccionamiento y protección. | 59 |
| 4.2.2. Datos estadísticos del sector de diseño para el cálculo de la demanda. | 59 |
| 4.2.2.1. La Tasa de crecimiento de demanda del sector. | 59 |
| 4.2.2.2. Cálculo de la demanda de diseño, establecido por la EERSSA. | 60 |
| 4.2.3. Obra Civil | 63 |
| 4.2.3.1. Banco de Ductos | 64 |
| 4.2.3.2. Pozos | 64 |
| 4.2.3.3. Cámaras eléctricas | 65 |
| 4.2.4. Obra Eléctrica. | 66 |
| 4.2.5. Equipos y Accesorios. | 66 |
| 4.2.6. Sistema de Puesta a Tierra..... | 66 |
| 4.2.6.1. Barra equipotencial para cámara subterránea. | 67 |
| 5. MATERIALES Y MÉTODOS | 69 |
| 5.1. MATERIALES | 69 |
| 5.2. MÉTODOS | 70 |
| 6. RESULTADOS | 73 |
| 6.1. Descripción de la red existente | 73 |
| 6.1.1. Red de Media Tensión..... | 73 |
| 6.1.2. Red de Baja Tensión..... | 73 |
| 6.1.3. Alumbrado Público..... | 74 |
| 6.2. Diseño de la red eléctrica de media tensión. | 75 |
| 6.2.1. Transición Aérea Subterránea de MT..... | 76 |
| 6.2.2. Transición Subterránea Aérea de M.T..... | 77 |
| 6.2.3. Cámaras Eléctricas de Transformación | 77 |
| 6.2.3.1. Circuito interno de luminarias | 81 |
| 6.2.3.2. Circuito interno de tomacorrientes..... | 82 |

| | |
|--|------------|
| 6.2.3.3. Celdas modulares de Media Tensión aisladas en SF6 | 82 |
| 6.2.9.2. Seccionamiento de conductores de Media Tensión. | 83 |
| 6.3. Diseño de la red eléctrica de baja tensión. | 84 |
| 6.3.1. Caída de tensión..... | 84 |
| 6.3.2. Transición de BT | 85 |
| 6.3.3. Acometidas subterráneas | 85 |
| 6.3.4. Características técnicas de construcción..... | 86 |
| 6.3.4.1. Pozos de Revisión. | 86 |
| 6.3.4.2. Tapa de Pozos. | 87 |
| 6.3.4.3. Soporte Metálico Para Cables | 87 |
| 6.3.4.4. Banco de Ductos | 88 |
| 6.3.4.5. Sistema de Puesta a Tierra | 89 |
| 6.4. Diseño del sistema de iluminación | 90 |
| 6.5. Análisis técnico – económico | 93 |
| 7. DISCUSIÓN | 96 |
| 8. CONCLUSIONES..... | 98 |
| 9. RECOMENDACIONES..... | 99 |
| 10. BIBLIOGRAFÍA..... | 100 |
| 11. ANEXOS..... | 102 |
| Anexo 2: Caída de Tensión de la Red Existente de Zamora | 102 |
| Anexo 4: Caída de Media Tensión Proyectada..... | 103 |
| Anexo 9: Detalle de Transformadores empleados en el Proyecto..... | 104 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----------|
| <i>Tabla 1 Tipo de Trafos y zona de utilización en redes eléctricas subterráneas.....</i> | <i>17</i> |
| <i>Tabla 2 Nivel de aislamiento admisible en transformadores monofásicos tipo sumergible ..</i> | <i>17</i> |
| <i>Tabla 3 Nivel de aislamiento admisible en transformadores trifásicos tipo sumergible.</i> | <i>18</i> |
| <i>Tabla 4 Principales especificaciones técnicas para interruptor de redes subterráneas.....</i> | <i>19</i> |
| <i>Tabla 5 Principales especificaciones técnicas para boquilla tipo inserto.</i> | <i>20</i> |
| <i>Tabla 6 Principales especificaciones técnicas para barrajes desconectables.</i> | <i>22</i> |
| <i>Tabla 7 Principales especificaciones técnicas para Descargador o Pararrayos tipo Codo .</i> | <i>24</i> |
| <i>Tabla 8 Principales especificaciones técnicas para terminales de media tensión.</i> | <i>25</i> |
| <i>Tabla 9 Principales especificaciones técnicas para empalmes de media tensión.</i> | <i>26</i> |
| <i>Tabla 10 Principales especificaciones técnicas para empalmes de bajo voltaje.</i> | <i>27</i> |
| <i>Tabla 11 Principales especificaciones técnicas para tapón aislado.</i> | <i>29</i> |
| <i>Tabla 12 Condiciones principales de conductores de MT para el tipo de aislamiento más apropiado.....</i> | <i>31</i> |
| <i>Tabla 13 Clases de iluminación para vías vehiculares.</i> | <i>40</i> |
| <i>Tabla 14 Requisitos fotométricos mantenidos por la clase de iluminación para tráfico motorizado con base en la luminancia de la calzada.</i> | <i>41</i> |
| <i>Tabla 15 Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal.</i> | <i>42</i> |
| <i>Tabla 16 Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclo rutas y aceras adyacentes.</i> | <i>43</i> |
| <i>Tabla 17 Recomendaciones para la disposición de luminarias.</i> | <i>44</i> |
| <i>Tabla 18 Clasificación de superficies según el factor S1</i> | <i>46</i> |
| <i>Tabla 19 Designación aproximada de superficies en las clases típicas.....</i> | <i>47</i> |
| <i>Tabla 20 Clase de pavimentos y descripción.....</i> | <i>48</i> |
| <i>Tabla 21 Número de transformadores existentes en la zona para cada capacidad.</i> | <i>50</i> |

| | |
|--|-----------|
| <i>Tabla 22 Descripción general de postes existentes en el área de aplicación del proyecto....</i> | <i>51</i> |
| <i>Tabla 23 Número y descripción general de las luminarias existentes en el área del proyecto.</i> | |
| | <i>53</i> |
| <i>Tabla 24 Tipo de conductores y su configuración a la salida del alimentador ZAMORA 1..</i> | <i>55</i> |
| <i>Tabla 25 Tipo de conductores y su configuración en red de media tensión, dentro de la zona de estudio.</i> | <i>55</i> |
| <i>Tabla 26 Tipo de conductores y su configuración en red de baja tensión, dentro de la zona de estudio.</i> | <i>56</i> |
| <i>Tabla 27 Demandas máximas proyectadas para el sector urbano.....</i> | <i>60</i> |
| <i>Tabla 28 Factor de simultaneidad y demanda en kVA que se viene aplicando en cocinas de inducción.....</i> | <i>62</i> |
| <i>Tabla 29 Detalle de la caída de tensión de BT.....</i> | <i>74</i> |
| <i>Tabla 30 Detalle del Trazado de media tensión</i> | <i>75</i> |
| <i>Tabla 31 Detalle de Transición</i> | <i>77</i> |
| <i>Tabla 32 Demanda Máxima Unitaria.....</i> | <i>78</i> |
| <i>Tabla 33 Demanda Máxima Proyectada.</i> | <i>78</i> |
| <i>Tabla 34 Capacidad de Centro de Transformación.</i> | <i>80</i> |
| <i>Tabla 35. Características de celda modulares de MT aisladas en SF6.</i> | <i>83</i> |
| <i>Tabla 36 Detalle de la caída de tensión subterránea de BT.....</i> | <i>85</i> |
| <i>Tabla 37 Pozos de revisión utilizados en el proyecto.....</i> | <i>86</i> |
| <i>Tabla 38 Dimensiones de las tapas de pozos.....</i> | <i>87</i> |
| <i>Tabla 39 Configuración de ductos de acuerdo al tipo de zanjas.</i> | <i>88</i> |
| <i>Tabla 40 Detalles del tipo de conductores que más entran en el proyecto.</i> | <i>92</i> |
| <i>Tabla 41 Precios Unitarios.....</i> | <i>93</i> |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Generación, Transporte y Distribución de Energía Eléctrica | 6 |
| Figura 2. Sistemas de distribución secundaria | 12 |
| Figura 3. Boquilla tipo pozo | 19 |
| Figura 4. Boquilla tipo inserto | 20 |
| Figura 5. Boquilla tipo inserto Doble | 20 |
| Figura 6. Conector Tipo Codo | 21 |
| Figura 7. Conector tipo T..... | 21 |
| Figura 8. Composición Detallada de Codo Portafusible Chardon..... | 22 |
| Figura 9. Barrajes Desconectables | 22 |
| Figura 10. Pararrayos tipo Codo | 23 |
| Figura 11. Terminal de media tensión | 25 |
| Figura 12. Empalme de media tensión..... | 26 |
| Figura 13. Tapa de parqueo aislado, Conector de aterrizamiento..... | 28 |
| Figura 14. Tapón Aislado | 28 |
| Figura 15. Conductor para red de media tensión | 31 |
| Figura 16. Disposición Unilateral | 45 |
| Figura 17. Disposición central doble (para $1,5 \geq b \leq 4$ m). | 46 |
| Figura 18. Mapa eléctrico de circuitos de media tensión que alimentan el área de estudio | 49 |
| Figura 19. Barra equipotencial para puesta a tierra. | 68 |
| Figura 20. Flujograma del proceso desarrollado para la elaboración del presente proyecto... | 72 |
| Figura 21. Detalle de la red aérea existente | 73 |
| Figura 22. Iluminación de cámara subterránea | 81 |
| Figura 23. Instrumentos para el seccionamiento de líneas de media tensión. | 84 |
| Figura 24. Inclinación de la luminaria respecto al plano de la calzada. | 91 |
| Figura 25. Diseño de alumbrado público del centro urbano de la ciudad de Zamora. | 92 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1. Plano Existente de la Red Eléctrica de Zamora. (CD)
- Anexo 2. Caída de Tensión de la Red Existente de Zamora. (CD)
- Anexo 3. Planos Proyectados de Media Tensión, Baja Tensión, Alumbrado Público. (CD)
- Anexo 4. Caída de Tensión Proyectada de Media Tensión.
- Anexo 5. Caída de Tensión Proyectada de Baja Tensión. (CD)
- Anexo 6. Detalle Acometida Subterránea. (CD)
- Anexo 7. Detalle de Diseño de Alumbrado Público. (CD)
- Anexo 8. Detalle Transiciones. (CD)
- Anexo 9. Detalle de Transformadores empleados en el Proyecto. (CD)
- Anexo 10. Pozos de Revisión. (CD)
- Anexo 11. Tapas de Revisión. (CD)
- Anexo 12. Zanjas de Obra Civil. (CD)
- Anexo 13. Análisis de Precios Unitarios. (CD)
- Anexo 14. Detalle Cámara Subterránea. (CD)
- Anexo 15. Informe de Iluminación de Cámara Subterránea. (CD)
- Anexo 16. Circuito Interno de Tomacorrientes de la Cámara Subterránea. (CD)

1. TÍTULO:

“DISEÑO DE LA RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA LA ZONA CÉNTRICA DE LA CIUDAD DE ZAMORA.”

2. RESUMEN

En el presente proyecto de titulación se realiza un diseño para el soterramiento del servicio eléctrico de media tensión, baja tensión y alumbrado público de la zona céntrica de la ciudad de Zamora. El estudio inicia con el levantamiento del plano eléctrico que posee la ciudad, basado en el Sistema de Información Geográfica (SIG); el cual permite observar cómo se encuentran todos los componentes eléctricos del sistema, como transformadores, conductores, medidores, seccionadores entre otros. Posteriormente se realiza el rediseño del sistema eléctrico basado en normas y reglamentos con el fin de modernizar la infraestructura eléctrica, obteniendo mayor orden en la ciudad, mismo que reduce el impacto visual de las redes aéreas, aumentando así la seguridad y accesibilidad a este servicio básico por parte de los consumidores.

Para seleccionar adecuadamente las secciones de los conductores, protecciones, transformadores y en general todos los materiales que intervienen en un sistema eléctrico se lo realiza en base a la norma para sistemas de distribución proporcionada por la Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSSA), en conjunto con la norma dispuesta por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR), entre otras normas vigentes en el territorio nacional. Al mismo tiempo, se elabora la lista de materiales a utilizarse, tomando en cuenta costos de la implementación y mano de obra en general. Se diseñaron para un horizonte de 40 años las redes de Media Tensión y Baja Tensión. Los calibres de los conductores a emplearse serán de 1/0 para circuitos de media tensión, esta red tendrá una longitud de 5014m. Mientras que para baja tensión los circuitos que parten desde las cámaras de transformación son calibres de 3/0, 2/0, 1/0, 2 resultando 5820 m de longitud. Las capacidades de los transformadores empleados son 100 kVA, 150 kVA, 200 kVA, 250 kVA Y 300 kVA. La inversión tiene un costo de USD 26'167.544,20 dado que se utiliza como material principal al conductor de Cu, pudiéndose establecer como un costo adaptable de acuerdo al material a emplearse.

ABSTRACT

In this titling project, a design is made for burying the medium voltage, low voltage and public lighting electric service in the downtown area of the city of Zamora. The study begins with the survey of the electrical plan that the city has, based on the Geographic Information System (GIS); which allows observing how all the electrical components of the system are, such as transformers, conductors, meters, disconnectors, among others. Subsequently, the redesign of the electrical system based on rules and regulations is carried out in order to modernize the electrical infrastructure, obtaining greater order in the city, which reduces the visual impact of air networks, thus increasing safety and accessibility to this basic service. by consumers.

To properly select the sections of the conductors, protections, transformers and in general all the materials that intervene in an electrical system, it is done based on the standard for distribution systems provided by the Southern Regional Electric Company (EERSSA), together with the norm established by the Ministry of Energy and Non-Renewable Natural Resources (MERNNR), among other norms in force in the national territory. At the same time, the list of materials to be used is prepared, taking into account implementation costs and general labor. Medium and Low Voltage networks were designed for a 40-year horizon. The sizes of the conductors to be used will be 1/0 for medium voltage circuits, this network will have a length of 5014m. While for low voltage the circuits that start from the transformation chambers are 3/0, 2/0, 1/0, 2 gauges resulting in a length of 5820 m. The capacities of the transformers used are 100 kVA, 150 kVA, 200 kVA, 250 kVA AND 300 kVA. The investment has a cost of USD 26'167,544.20 since the conductor of Cu is used as the main material, and can be established as an adaptable cost according to the material to be used.

3. INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo creciente de proyectos urbanos, comerciales e industriales en el país, se ha incrementado el uso de la tecnología en la distribución eléctrica subterránea. Así mismo la distribución subterránea viene a ser la solución para satisfacer, de una manera adecuada, las necesidades cada vez mayores de los clientes de las empresas de distribución, por obtener un servicio de energía eléctrica de mayor calidad y con mejores índices. (Aucapiña & Niola, 2012)

El ex Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) actualmente Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR) ha determinado en su registro oficial Nro. 51 acuerdo 211 específicamente, la necesidad de impulsar una regulación a nivel nacional que corresponde al diseño y construcción de nuevas redes de distribución eléctrica y de telecomunicaciones subterráneas, o para soterrar las líneas existentes. Con el fin de garantizar el bienestar social, la seguridad de las personas, la protección del ambiente y potencializar la belleza cultural y arquitectónica de las ciudades. (MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGIA RENOVABLE, 2013)

Este trabajo de investigación se orientó en el diseño de una red eléctrica subterránea de media y baja tensión, además de alumbrado público, los resultados se obtuvieron considerando los requerimientos estipulados por el (MERNNR) respecto a la innovación de las redes eléctricas para optimizar la eficacia y seguridad del servicio de distribución de energía eléctrica, disminuir el impacto visual y estético, basado en normativas y técnicas establecidas en las Unidades de Propiedad (UP) y las Unidades de Construcción (UC) emitidas por el (MERNNR) y Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSSA).

3.1. OBJETIVOS

Objetivo General.

- Diseñar la red eléctrica subterránea para la zona céntrica de la ciudad de Zamora.

Objetivos Específicos.

- Diseñar la red eléctrica de media tensión.
- Diseñar la red eléctrica de baja tensión.
- Diseñar el sistema de iluminación.
- Realizar el análisis técnico - económico.

4. REVISIÓN LITERARIA

4.1. Redes de distribución de energía

4.1.1 Distribución de energía eléctrica

Por distribución eléctrica entendemos el proceso que va desde su generación en las centrales de corriente alterna a su consumo en la industria y domicilios. (Tecnología Pirineos) Cerca de los centros de consumo las estaciones transformadoras reducen las tensiones de 208/120 V o 220/127 V, valor que se emplea para la distribución en líneas aéreas o redes subterráneas.

Una vez distribuida esa tensión que va desde 6.3 kV hasta 34.5 kV, para ser utilizada debe ser reducida a 220 o 110 V. Para ello es necesario que exista un transformador próximo al consumidor. Estos pueden estar localizados en los postes, plataformas elevadas, a nivel o en cámaras subterráneas. (Vernieri & Trepát, 2019)

Para ubicar el sistema de distribución obsérvese la figura 1.

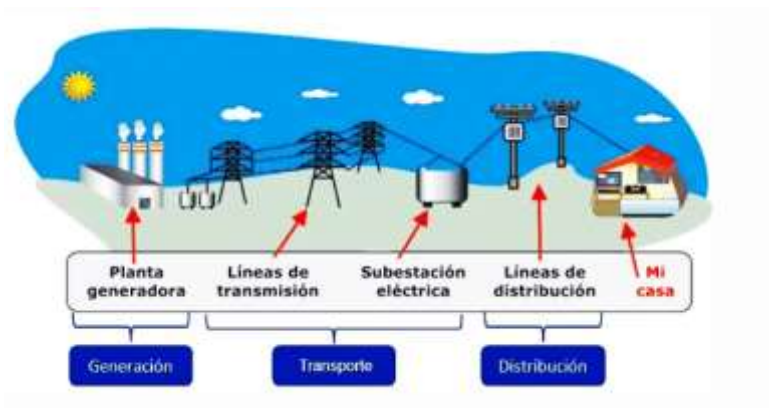


Figura 1. Generación, Transporte y Distribución de Energía Eléctrica.

Fuente: (ELECTROTEC, 2019)

4.1.2. Clasificación de los sistemas de distribución de acuerdo a su construcción.

4.1.2.1. Redes de distribución aéreas de media tensión.

En esta distribución el conductor que usualmente se utiliza está desnudo, va soportado a través de aisladores instalados en crucetas, en postes de madera o de concreto.

Estas redes de distribución se caracterizan por transportar energía en niveles de tensión de 6.3 kV a 34.5 kV en el caso del Ecuador, el conductor empleado es desnudo de aluminio 5005 y aluminio con alma de acero (ACSR), el mismo que va soportado a través de estructuras aisladores, crucetas, herrajes en postes de madera, de concreto o fibra de vidrio. Las redes de distribución de media tensión (MT) se encuentran homologados por el MERNNR según el nivel de tensión que transporten y el tipo de estructura. Las estructuras generalmente son de retención, paso, angular, volado, etc.; los cuales corresponden al nivel de MT que operan las redes de distribución en la provincia de Loja (mayoritariamente).

Al compararse con el sistema subterráneo tiene las siguientes ventajas:

- Costo inicial más bajo.
- Son las más comunes por su rápida instalación
- Fácil mantenimiento.
- Fácil localización de fallas.
- Tiempos de construcción más bajos.

Y tiene las siguientes desventajas:

- Mal aspecto estético.
 - Menor confiabilidad.
 - Menor seguridad (ofrece más peligro para los transeúntes).
 - Hurto de energía con conexiones clandestinas
 - Son susceptibles de fallas y cortes de energía ya que están expuestas a: descargas atmosféricas, lluvia, granizo, polvo, temblores, gases contaminantes, brisa salina, vientos, contactos con cuerpos extraños, choques de vehículos y vandalismo.
- (Ramírez, 2004)

Las redes aéreas están conformadas principalmente por:

- **Postes:** pueden ser de madera, concreto, metálicos y de fibra de vidrio, sus características de peso, longitud y resistencia a la rotura, son determinados por el tipo de altura y construcción de los circuitos (generalmente de retención y de paso), para sistemas urbanos y rurales los postes de concreto tienen una resistencia a la rotura que va desde los 350 kg hasta los 16000 kg información que se puede observar en las hojas de postes homologados en el manual de las UP y UC del MERNNR.
- **Conductores:** son utilizados para la distribución de energía y están conformados por conductores de aleación Aluminio ACSR desnudos y en calibres 4/0, 2/0, 1/0, 2, AWG para la media tensión (MT) y para los circuitos de baja tensión (BT) se debe considerar que se encuentran tanto conductores cables desnudos como aislados y en los mismos calibres que en MT. (EERSSA, 2012)

En las redes de baja tensión se encuentran configuraciones de los conductores desde 2 a 5 hilos acatando si la red es monofásica o trifásica (se considera el hilo piloto para el control del alumbrado público).
- **Crucetas:** Actualmente están instaladas en el centro de la ciudad las crucetas de ángulo de hierro galvanizado, el MERNNR en sus especificaciones de las UP y UC ha dispuesto la utilización de hierro galvanizado, las longitudes son desde 1.2 m hasta 4 m dependiendo de los niveles de tensión y la utilidad que éstas vayan a desempeñar.
- **Aisladores:** Son de tipo ANSI 55.5 para media tensión espiga (pin) de porcelana, aisladores de tipo caucho siliconado clase ANSI DS-15 (polímero) y ANSI 53.3 para baja tensión (aislador tipo rollo). (Ramírez, 2004)

- **Herrajes:** todos los herrajes utilizados en redes aéreas de baja y mediana tensión son de acero galvanizado. (grapas, varillas de anclaje, tornillos pie de máquina, collarines, ues, espigos, etc). (Ramírez, 2004)
- **Equipos de seccionamiento:** Son los encargados de la apertura y cierre de los circuitos y están definidos sobre la base de la capacidad de la corriente nominal (100 A - 200 A). Otra característica muy importante de los equipos de seccionamiento es el nivel básico de aislamiento (BIL) (75 kV-150 kV).
- **Transformadores y protecciones:** En las redes de distribución monofásicas se encuentran en operación transformadores convencionales y autoprotegidos, el rango de la potencia nominal de estos equipos va desde: 5 – 10 – 15 - 25 - 37.5 - 50 - 75 kVA, el MERNNR especifica que se instalarán transformadores de distribución del tipo autoprotegido y sólo para condiciones particulares se podrá instalar del tipo convencional.

Para transformadores trifásicos los rangos de potencia generalmente van desde los 15-30 - 45 - 75 -112.5 – 150 – 195.5 kVA.

El MERNNR indica que la instalación de bancos de transformadores monofásicos de acuerdo a un análisis técnico efectuado se realizará sólo en condiciones particulares.

Las protecciones eléctricas tanto del lado primario como del secundario con fusibles se definen por su tipo, para fusibles tipo H y K usados en MT son: 2 H – 3 H – 5 H – 8 K – 10 K – 12 K – 15 K – 20 K – 25 K – 30 K – 40 K – 65 K – 80 K – 100 K – 140 K – 160 K – 165 K – 180 K – 200 K.

Para el lado secundario BT son usados fusible NH con capacidades que van desde 20 – 25 – 36 – 63 – 80 – 100 -125 – 160 – 224 – 250 – 315 – 400 – 500 – 630 – 700 – 1000.

4.1.2.2. Redes de distribución subterráneas.

Son empleadas en ciudadelas, condominios, etc. donde generalmente este tipo de instalaciones son utilizadas por razones de urbanismo para mejorar el ornato de ciudades, estética, congestión o condiciones de seguridad donde no es aconsejable el sistema aéreo. El sistema subterráneo es competitivo frente al sistema aéreo en zonas urbanas céntricas, ya que este presenta las siguientes ventajas:

- Es mucho más confiable ya que la mayoría de las contingencias mencionadas en las redes aéreas no afectan a las redes subterráneas.
- Son más estéticas, pues no están a la vista lo que minimiza la contaminación visual.
- Son mucho más seguras.
- No están expuestas a vandalismo.

Tienen las siguientes desventajas:

- Su alto costo de inversión inicial.
- Se dificulta la localización de fallas.
- El mantenimiento es más complicado y reparaciones más demoradas.
- Están expuestas a la humedad y a la acción de los roedores.

Los conductores utilizados son aislados de acuerdo al voltaje de operación y conformados por varias capas aislantes y cubiertas protectoras. Estos cables están directamente enterrados o instalados en bancos de ductos (dentro de las excavaciones), con cajas de inspección en intervalos regulares.

Un sistema subterráneo cuenta con los siguientes componentes:

- **Ductos:** Que pueden ser de asbesto cemento, de PVC o conduit metálicos.
- **Cables:** Pueden ser monoplares o tripolares aislado en polietileno de cadena cruzada XLPE, de polietileno reticulado EPR, en caucho sintético y en papel impregnado en aceite APLA o aislamiento seco elastomérico.

A pesar de que existen equipos adecuados, resulta difícil y dispendioso localizar las fallas en un cable subterráneo y su reparación puede tomar mucho tiempo, se recomienda construir estos sistemas en anillo abierto con el fin de garantizar la continuidad del servicio en caso de falla y en seccionadores entrada - salida.

Los cables a instalar en baja tensión son aislados a 600 V con polietileno termoplástico PE-THW y recubierto con una chaqueta protectora de PVC.

- **Cámaras:** que son de varios tipos siendo la más común la de inspección y de empalme que sirve para hacer conexiones, pruebas y reparaciones. Deben poder alojar a 2 operarios para realizar los trabajos. Allí llegan uno o más circuitos y pueden contener equipos de maniobra, son usados también para el tendido del cable. La distancia entre cámaras puede variar, así como su forma y tamaño.
- **Empalmes uniones y terminales:** que permiten dar continuidad adecuada, conexiones perfectas entre cables y equipos. (Ramírez, 2004)

4.1.3. Clasificación de las redes de distribución de acuerdo a voltajes nominales.

4.1.3.1. Redes de distribución secundarios.

En Ecuador existen algunos voltajes de diseño para circuitos secundarios. Los voltajes de diseño de redes urbanas y rurales que permiten abastecer al servicio residencial, comercial, a la pequeña industria y al alumbrado público cuando estos 2 últimos son alimentados por la red secundaria (aunque esto no es deseable) (Ramírez, 2004).

La EERSSA utiliza los siguientes niveles de tensión en su área de concesión. En baja tensión las redes de distribución de la EERSSA pueden ser monofásicas o trifásicas, con niveles de tensión de:

- Sistemas monofásicos de distribución **240/120 V**.
- Sistemas trifásicos de distribución **220/127 V**.

- Otras tensiones solicitadas para sistemas eléctricos industriales o comerciales pueden ser utilizadas y serán servidas desde el secundario del transformador a instalar, según el requerimiento (EERSSA, 2012).

Los voltajes citados se refieren a la tensión de placa (sin carga) en los transformadores de distribución.

Para los sistemas industriales los niveles de tensión son justificados mediante estudios eléctricos y van acorde a las exigencias de la EERSSA, para el alumbrado público son usadas las redes monofásicas y trifásicas (Ramírez, 2004).

Son muy comunes las siguientes tensiones nominales:

- Trifásico 480/277 V en estrella.
- Trifásico 480/240 V en delta.

La figura 2 muestra los diferentes sistemas de distribución secundaria y su utilización.

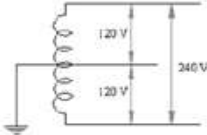
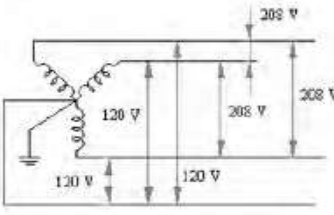
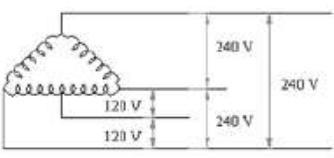
| Voltaje secundario y tipo de sistema | Diagrama de conexiones y voltajes secundarios | Utilización y disposición recomendada |
|---|---|--|
| 120 / 240 V. Monofásico trifilar Neutro sólido a tierra |  | Zonas residenciales urbanas. Zonas rurales - Alumbrado público. Redes aéreas. Subterránea en zonas residenciales clase alta. |
| 120 / 208 V Trifásico tetrafilar en estrella Neutro sólido a tierra |  | Zonas comerciales e industriales. Zonas residenciales urbanas. Zonas rurales con cargas trifásicas. Alumbrado público. Redes aéreas. Subterránea en zonas céntricas. |
| 120 / 240 V Trifásico tetrafilar en Δ con devanado partido |  | Zonas comerciales e industriales. Zonas residenciales urbanas Zonas rurales con cargas trifásicas. Alumbrado público. Redes aéreas. Subterránea según especificaciones. |

Figura 2. Sistemas de distribución secundaria

Fuente: (Ramírez, 2004)

4.1.3.2. Redes de distribución primarias.

Las redes de distribución primarias o alimentadores también se llaman redes de media tensión, las mismas que manejan diferentes niveles de tensión, la EERSSA utiliza los siguientes niveles de tensión en su área de concesión:

En media tensión se tiene dos niveles de tensión en zonas bien definidas:

- *Zona de Loja*, corresponde a toda la provincia de Loja en la cual el sistema de distribución opera a una tensión de **13.8/7.97 kV**.
- *Zona Oriental*: corresponde a la provincia de Zamora Chinchi y el cantón Gualaquiza, en esta zona la tensión en el sistema de distribución es de **22/12.7 kV** (EERSSA, 2012).

4.1.4. Clasificación de las redes de distribución de acuerdo al tipo de cargas.

La finalidad a la cual el usuario destina la energía eléctrica también sirve de criterio para clasificar las cargas.

4.1.4.1. Redes de distribución para cargas residenciales.

Comprenden básicamente los edificios de apartamentos, multifamiliares, condominios, urbanizaciones, etc. Estas cargas se caracterizan por ser eminentemente resistivas (alumbrado y calefacción) y los electrodomésticos de pequeñas características reactivas. De acuerdo al nivel de vida y a los hábitos de los consumidores residenciales y teniendo en cuenta que los centros urbanos las personas se agrupan en sectores bien definidos, de acuerdo a las clases socioeconómicas, los abonados residenciales se clasifican así:

- *Zona clase alta*: constituida por usuarios que tienen un alto consumo de energía eléctrica.
- *Zona clase media*: conformado por usuarios que tienen un consumo moderado de energía eléctrica.

- Zona clase baja: conformado por usuarios de barrios populares que tienen un consumo bajo de energía eléctrica.
- Zona tugurial: dentro de la cual están los usuarios de los asentamientos espontáneos sin ninguna planeación urbana y que presentan un consumo muy bajo de energía. (Ramírez, 2004)

4.1.4.2. Redes de distribución para cargas comerciales.

Caracterizadas por ser resistivas y se localizan en áreas céntricas de las ciudades donde se realizan actividades comerciales, centros comerciales y edificios de oficinas. Tienen algún componente inductivo que bajan un poco el factor de potencia. Hoy en día predominan cargas muy sensibles que introducen armónicos. (Ramírez, 2004)

4.1.4.3. Redes de distribución para cargas industriales.

Este tipo de cargas presentan un importante componente de energía reactiva debido a la gran cantidad de motores instalados, en este tipo de instalaciones con frecuencia se hace necesario corregir el factor de potencia. Además de las redes independientes para fuerza motriz es indispensable distinguir otras para calefacción y alumbrado. A estas cargas se les controla el consumo de reactivos y se les realiza gestión de carga pues tienen doble tarifa (alta y baja) para evitar que su pico máximo coincida con el de la carga residencial. (Ramírez, 2004)

4.1.4.4. Redes de distribución para cargas de alumbrado público.

Para contribuir a la seguridad ciudadana en las horas nocturnas se instalan redes que alimentan lámparas de mercurio y sodio de característica resistiva, así como lámparas led que se encuentran innovando el mercado en los últimos años. (Ramírez, 2004)

4.1.4.5. Redes de distribución para cargas mixtas.

En este tipo de redes se tienen varias de estas cargas en una misma red de distribución. No muy deseables pues se dificulta el control de pérdidas. (Ramírez, 2004).

4.1.5. Normativas para el soterramiento de redes de distribución eléctrica vigentes en el país.

Actualmente el país no cuenta con una normativa para redes eléctricas subterráneas establecida por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), pero mientras se trabaja en ello, el MERNNR, ha presentado un documento en el cual, junto a algunas empresas de distribución de energía en el Ecuador, se establecen los parámetros para el diseño y construcción de un sistema eléctrico subterráneo, denominado: *HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP) y UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN (UC) EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE REDES SUBTERRÁNEAS*

Y tiene por objetivos:

- Establecer un sistema único para la identificación de las Unidades de Propiedad (UP) que conforman el sistema de distribución de redes subterráneas.
- Estandarizar y homologar los materiales y equipos que conforman las Unidades Constructivas.
- Definir un sumario de especificaciones técnicas de los materiales y equipos eléctricos de mayor uso en el sistema de distribución de redes subterráneas.
- Estandarizar la simbología para representar los elementos del sistema de distribución subterráneo. (MERNNR, 2013).

El documento consta de 6 secciones que se detallan a continuación:

SECCIÓN 1:

Marco teórico para la homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

SECCIÓN 2:

Manual de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

SECCIÓN 3:

Especificaciones técnicas de los materiales para sistemas de distribución eléctrica de redes subterráneas.

SECCIÓN 4:

Manual de las unidades de construcción (UC)

SECCIÓN 5:

Código de las unidades de propiedad para los sistemas de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución.

SECCIÓN 6:

Simbología de los elementos del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

4.1.6. Equipos y criterios de selección según la “Homologación de las UP y UC en sistemas de distribución de energía eléctrica de redes subterráneas”

Para la selección de equipos eléctricos de redes subterráneas se establece a continuación. Los materiales y equipos que forman parte de la red, detallando de manera general su uso, lugar de aplicación y en algunos casos sus principales valores admisibles de carga (voltaje, amperaje, nivel de aislamiento, etc.).

La especificación técnica total y completa de todos los equipos y elementos que se nombran, se detallan en las secciones 1, 2,3 “*Especificaciones técnicas de los materiales para sistemas de distribución eléctrica de redes subterráneas*”. (MERNNR, 2013)

4.1.6.1. Transformadores.

El tipo de transformadores para redes eléctricas subterráneas y su zona de utilización se generaliza en la tabla 1:

Tabla 1

Tipo de Trafos y zona de utilización en redes eléctricas subterráneas

| TRANSFORMADORES | |
|---------------------------------------|--|
| Tipo | Zona de utilización |
| Tipo Seco | A partir del primer piso alto. |
| Convencional con frente muerto | Cámaras a nivel ubicadas en el primer piso, planta baja o subsuelos. |
| Sumergibles | Cámaras subterráneas. |
| Pedestal | Lugares abiertos o a la intemperie. |

Fuente: Autora

Referencia: MERNNR, Sección 1

Los valores de nivel de aislamiento en transformadores de tipo sumergible, tanto para transformadores monofásicos como trifásicos, dependen principalmente del voltaje de media tensión nominal del equipo.

Tabla 2

Nivel de aislamiento admisible en transformadores monofásicos tipo sumergible

| Voltaje Nominal [V] | | BIL [kV] | |
|----------------------------|-----------|-----------------|-------------------|
| <i>MT</i> | <i>BT</i> | <i>Primario</i> | <i>Secundario</i> |
| ≤ 13800 GRDY/7967 | 127/220 | 95 | 30 |
| ≥ 22000 GRDY/12700 | | 125 | |

Fuente: Autora

Referencia: MERNNR, Sección 3

Tabla 3

Nivel de aislamiento admisible en transformadores trifásicos tipo sumergible.

| Voltaje Nominal [V] | | BIL [kV] | |
|---------------------|-----------|-----------------|-------------------|
| <i>MT</i> | <i>BT</i> | <i>Primario</i> | <i>Secundario</i> |
| ≤ 13800 | 127/220 | 95 | 30 |
| ≥ 22000 | | 125 | |

Fuente: Autora

Referencia: MERNNR, Sección 3

4.1.6.2. Equipos de seccionamiento y protección

4.1.6.2.1. Celdas de media tensión aisladas en hexafluoruro de azufre SF6.

Las celdas de aislamiento en SF6 están diseñadas para las siguientes aplicaciones:

- Maniobras de conexión y desconexión de redes de distribución con carga en media tensión.
- Interrupción automática de corrientes de falla en media tensión.
- Maniobras de conexión y desconexión de transformadores de distribución.

Este tipo de celdas no deberán ser ubicadas en cámaras subterráneas, para este caso deberá instalarse equipos de tipo sumergible según norma NEC 923-7b3 (MERNNR, 2013)

4.1.6.2.2. Interruptor para redes subterráneas.

Los interruptores para redes subterráneas proporcionan seccionamiento de carga e interrupción de fallas monopolar y tripolar en lugares a la intemperie, en cámaras a nivel de piso y cámaras subterráneas.

Tabla 4

Principales especificaciones técnicas para interruptor de redes subterráneas.

| Especificaciones particulares de interruptores de distribución subterránea | | | | |
|--|------------|-----------|-----------|-------------------|
| Descripción técnica | Frecuencia | Corriente | Voltaje | Nivel de |
| | nominal | nominal | máx. (Ur) | aislamiento (BIL) |
| | Hz | Amp. | kV | kV (valor pico) |
| Interruptores para 15 kV. | 60 | 630 | 15.5 | 95 |
| Interruptores para 27 kV. | 60 | 630 | 27 | 125 |

Fuente: Autora

Referencia: MERNNR, Sección 3

4.1.6.2.3. Conectores aislados separables.

Boquilla tipo pozo: Este tipo de elemento tiene la función de servir de enlace entre el bobinado primario del transformador o el terminal del equipo en el que se encuentre instalado (interruptor, celdas o barrajes desconectables) y la boquilla tipo inserto.



Figura 3. Boquilla tipo pozo

Fuente: MERNNR

Boquilla tipo inserto. Sirve para operación con carga y cumple con la especificación ANSI correspondiente a la compatibilidad de la interface para el acoplamiento de las boquillas tipo pozo y conectores tipo codo.

Características:

- Operación con carga.

- Dispositivo para apriete al torque para su instalación
- Conexión de cable a tierra



Figura 4. Boquilla tipo inserto

Fuente: MERNNR

Tabla 5

Principales especificaciones técnicas para boquilla tipo inserto.

| Boquilla tipo inserto de 25 kV-200 A | | | |
|---|---|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descripción técnica | Rango de Voltaje máx. (F/T, F/F) | Corriente continua | Corriente de conmutación |
| | kV (rms) | A (rms) | A (rms) |
| Boq. Tipo inserto de 25 kV-200 A | 15.2/26.3 | 200 | 200 |

Fuente: Autora

Referencia: MERNNR, Sección 3

Boquilla tipo inserto Doble (Feet Thru Insert). Se utiliza para convertir los transformadores radiales en anillo o añadir un descargador o pararrayos tipo codo y cumple con la especificación ANSI correspondiente a la compatibilidad de la interface para el acoplamiento de las boquillas tipo pozo y conectores tipo codo.



Figura 5. Boquilla tipo inserto Doble

Fuente: MERNNR

Conector Tipo Codo: Estos elementos se utilizan para realizar la integración del cable al sistema de conectores aislados separables, de esta forma hacen posible la interconexión de

los cables al equipo (transformador, interruptor, celdas y barras). Las normas 386 ANSI/IEEE dan los estándares para estos dispositivos.

Especificados para transformadores tipo pedestal, frente muerto, interruptores, celdas, barras desconectables y otras aplicaciones, los codos de conexión poseen un sistema de elementos intercambiables con los cuales se pueden hacer conexiones y desconexiones en el sistema de manera muy rápida y sencilla.



Figura 6. Conector Tipo Codo

Fuente: MERNNR

Conector tipo T: Especificados para salidas y/o derivaciones de circuitos en media tensión. Con posibilidad de acoplamiento de conectores separables.



Figura 7. Conector tipo T

Fuente: MERNNR

Codo Portafusible: El codo portafusible de operación con carga proporciona medios convenientes, para adicionar la protección de los fusibles a los sistemas de distribución subterránea, y conectar cables subterráneos a transformadores, gabinetes de seccionamiento y barrajes desconectables equipadas con boquillas para operación con carga de 200 A, clase de 15 y 25 kV.



Figura 8. Composición Detallada de Codo Portafusible Chardon

Fuente: Catálogo Chardon

Barrajes Desconectables: Usados en cámaras eléctricas o pozos de derivación de redes subterráneas donde se requiere seccionar, establecer anillos y derivaciones, facilitando el mantenimiento y cambio de elementos en los circuitos.



Figura 9. Barrajes Desconectables

Fuente: MERNNR

Tabla 6

Principales especificaciones técnicas para barrajes desconectables.

| Especificación técnica de materiales y equipos | | | |
|---|--------------------|---|-----------------------|
| Material o equipo | | Características generales | |
| Material | Descripción | Característica | Especificación |
| Barraje desconectable | 15 kV, | Rango de voltaje máx. (F/T, F/F) (kV rms) | 8.3/14.4 |
| | 200 A. | Corriente continua | 200 A (rms) |

| | | |
|------------------|--|-------------|
| | Corriente de conmutación | 200 A (rms) |
| 25 kV, 200 A. | Rango de voltaje máx. (F/T, F/F) (kV rms) | 15.2/26.3 |
| | Voltaje soportado a impulso tipo rayo (BIL)(kV cresta) | 200 A (rms) |
| | Corriente de conmutación | 200 A (rms) |
| 15 kV, 600 A. | Rango de voltaje máx. (F/T, F/F) (kV rms) | 8.3/14.4 |
| | Voltaje soportado a impulso tipo rayo (BIL)(kV cresta) | 600 A (rms) |
| | Corriente de sobrecarga (4 horas) | 900 A (rms) |

Fuente: Autora

Referencia: MERNNR, Sección 3

Descargador o Pararrayos tipo Codo: Utilizados para protección de sobre voltaje en redes subterráneas. (MERNNR, 2013)



Figura 10. Pararrayos tipo Codo

Fuente: MERNNR

Tabla 7

Principales especificaciones técnicas para Descargador o Pararrayos tipo Codo

| Especificación técnica de materiales y equipos | | | |
|---|--------------------|--|-----------------------|
| Material o equipo | | Características generales | |
| Material | Descripción | Característica | Especificación |
| Descargador o pararrayos tipo codo | 15 kV, 200 A. | Rango de voltaje máx. (F/T, F/F) (kV rms) | 8.3/14.4 |
| | | Voltaje soportado a impulso tipo rayo (BIL)(kV cresta) | 95 |
| | 25 kV, 200 A. | Rango de voltaje máx. (F/T, F/F) (kV rms) | 15.2/26.3 |
| | | Voltaje soportado a impulso tipo rayo (BIL)(kV cresta) | 125 |

Fuente: Autora

Referencia: MERNNR, Sección 3

4.1.6.3. Accesorios.

4.1.6.3.1. Terminales de media tensión.

Los cables aislados para media tensión son construidos de tal forma que el esfuerzo eléctrico dentro del aislamiento sea distribuido uniformemente. Cuando el cable es cortado, los esfuerzos eléctricos son deformados de tal manera que las porciones de aislamiento están sobre esforzadas.

Estos puntos se convertían en puntos de falla de aislamiento, para prevenir estas fallas es necesario instalar puntas terminales en los puntos donde el cable debe ser cortado, para conectarlos a los equipos y líneas aéreas.

Aplicaciones: Para transición de red aérea – subterránea. Para conexión en media tensión de transformadores tipo seco



Figura 11. Terminal de media tensión

Fuente: MERNNR

Tabla 8

Principales especificaciones técnicas para terminales de media tensión.

| Especificación técnica de materiales y equipos | | | | |
|---|-----------------|--------------------|--|-----------------------|
| Material o equipo | | | Características generales | |
| Material | | Descripción | Característica | Especificación |
| Terminal de media tensión | Para interiores | Aislamiento 15 kV | Voltaje nominal a tierra (kV rms) | 8.7 |
| | | | Voltaje de impulso al rayo (BIL) resistido (kV pico) | 110 |
| | | Aislamiento 25 kV | Voltaje nominal a tierra (kV rms) | 14.4 |
| | | | Voltaje de impulso al rayo (BIL) resistido (kV pico) | 150 |
| | Para exteriores | Aislamiento 15 kV | Voltaje nominal a tierra (kV rms) | 8.7 |
| | | | Voltaje de impulso al rayo (BIL) resistido (kV pico) | 110 |
| | | Aislamiento 25 kV | Voltaje nominal a tierra (kV rms) | 14.4 |
| | | | Voltaje de impulso al rayo (BIL) resistido (kV pico) | 150 |

Fuente: Autora

Referencia: MERNNR, Sección 3

4.1.6.3.2. Empalmes de Media tensión.

Son utilizados para unir los finales de conductores aislados de media tensión, reconstruyendo las porciones de capas de aislamiento de cable que fueron removidas y proporcionar protección contra la humedad sobre el área empalmada.

Los empalmes tendrán una cubierta capaz de mantener la superficie exterior del empalme a potencial cero. Además, deberán ser aptos para las siguientes condiciones de servicio: al aire, enterrados, sumergidos continuamente o durante periodos en agua a una profundidad que no exceda los 7 m y temperatura ambiente de -30 a 50 grados centígrados.

Aplicaciones:

- Para lograr una longitud más larga del cable de media tensión.
- Para reparar el cable cuando este tenga falla.



Figura 12. Empalme de media tensión

Fuente: MERNNR

Tabla 9

Principales especificaciones técnicas para empalmes de media tensión.

| Especificación técnica de materiales y equipos | | | |
|--|-------------|---|----------------|
| Material o equipo | | Características generales | |
| Material | Descripción | Característica | Especificación |
| Empalme recto para cable aislado | Para 15 kV | Voltaje nominal fase a fase (kV. rms) | 15 |
| | | Voltaje nominal fase a neutro (kV. rms) | 8.7 |
| | | BIL (kV cresta) | 110 |
| | | Material del conductor a empalmar | Cobre |
| | | Frecuencia nominal | 60 Hz |

| | | |
|------------|---|-------|
| Para 25 kV | Voltaje nominal fase a fase (kV. rms) | 25 |
| | Voltaje nominal fase a neutro (kV. rms) | 14.4 |
| | BIL (kV cresta) | 150 |
| | Material del conductor a empalmar | Cobre |
| | Frecuencia nominal | 60 Hz |

Fuente: Autora

Referencia: MERNNR

4.1.6.3.3. Empalmes de Bajo Voltaje.

Son utilizados para unir los finales de conductores aislados de bajo voltaje y proporcionar protección contra la humedad sobre el área empalmada.

Existen diferentes tipos de empalmes como: auto contraíbles en frío, resina y gel.

Aplicaciones:

- Para lograr una longitud más larga del cable de bajo voltaje.
- Para reparar el cable cuando este tenga falla
- Para conexión de acometidas domiciliarias.
- Para derivación de la red de bajo voltaje.

Tabla 10

Principales especificaciones técnicas para empalmes de bajo voltaje.

| Especificación técnica de materiales y equipos | | | |
|--|--------------|------------------------------|----------------|
| Material o equipo | | Características generales | |
| Material | Descripción | Característica | Especificación |
| Empalme para cable aislado | Bajo voltaje | Voltaje de servicio (kV rms) | Hasta 1 |
| | | Frecuencia nominal | 60 Hz |

Fuente: Autora

Referencia: MERNNR

4.1.6.3.4. Bushing de parqueo aislado.

Este dispositivo es instalado en el soporte de parqueo ubicado en el barraje desconectable, en el transformador pedestal y en el transformador sumergible, para instalar en este elemento los codos que hayan sido desconectados. De esta manera, el cable permanecerá energizado en un sitio seguro y firme.

Se usa como elemento de soporte temporal o permanente, permitiendo realizar mantenimiento de una red o de un transformador colocando al codo conector en un sitio seguro.

En caso que se requiera aterrizar un cable desenergizado en lugar de usar el bushing aislado se utilizará el bushing de aterrizamiento.



Figura 13. Tapa de parqueo aislado, Conector de aterrizamiento

Fuente: MERNNR

4.1.6.3.5. Tapón aislado.

Son elementos protectores de las boquillas que no están en uso en los equipos energizados. Estos bushing deberán ser moldeados empleando un material aislante EPDM de alta calidad tratado con peróxido.

Se usa como elemento de aislamiento y protección contra el ingreso de humedad a la boquilla. (MERNNR, 2013)



Figura 14. Tapón Aislado

Fuente: MERNNR

Tabla 11

Principales especificaciones técnicas para tapón aislado.

| Especificación técnica de materiales y equipos | | | |
|---|--|--|-----------------------|
| Material o equipo | | Características generales | |
| Material | Descripción | Característica | Especificación |
| Tapón aislado | De 15 kV - 200 A | Rango de Voltaje Máximo (Fase-Tierra)(kV rms) | 8.3 |
| | | Tensión soportada a impulso tipo rayo (BIL)(kV cresta) | 95 |
| | De 25 kV - 200 A | Rango de Voltaje Máximo (Fase-Tierra)(kV rms) | 15.2 |
| | | Tensión soportada a impulso tipo rayo (BIL)(kV cresta) | 125 |
| | De 15 kV - 600 A | Rango de Voltaje Máximo (Fase-Tierra)(kV rms) | 8.3 |
| | | Tensión soportada a impulso tipo rayo (BIL)(kV cresta) | 95 |
| De 25 kV - 600 A | Rango de Voltaje Máximo (Fase-Tierra)(kV rms) | 15.2 | |
| | Tensión soportada a impulso tipo rayo (BIL)(kV cresta) | 125 | |

Fuente: Autora

Referencia: MERNNR

4.1.6.4. Conductores

4.1.6.4.1. Cables para red de media tensión (MT).

En el sistema de distribución subterráneo para media tensión, se utilizarán cables monopolares con conductor de cobre aislados (100 % y 133 % de nivel de aislamiento) con polietileno reticulado termoestable (XLPE) o polietileno reticulado retardante a la arborescencia (TRXLPE) para voltajes de 15 kV, 25 kV y 35 kV.

Niveles de Aislamiento. Nivel de 100 %. - Los cables de esta categoría deben utilizarse en sistemas con neutro conectado sólidamente a tierra y provistos con dispositivos de protección tales que las fallas a tierra se eliminen tan pronto como sea posible, pero en cualquier caso antes de 1 min. También pueden utilizarse en otros sistemas para los cuales sean aceptables, siempre y cuando se cumpla con los requisitos del párrafo anterior.

Características principales:

| | |
|---------------------------------|--|
| Conductor | Cobre suave |
| Forma del Conductor | Cableado concéntrico |
| Tipo de Aislamiento | Polietileno Reticulado XLPE ó TRXLPE |
| Pantalla sobre el aislamiento | Semiconductor de polietileno reticulado removible ó de alta adherencia |
| Tipo de pantalla electrostática | Cinta metálica o alambre de cobre |
| Chaqueta | Material termoplástica PVC (Color rojo) |

Nivel de 133 %. - Los cables de esta categoría corresponden a los anteriormente designados para sistemas con neutro aislado. Estos cables pueden ser utilizados en los casos en que no puedan cumplirse los requisitos de eliminación de falla de la categoría I (100 % nivel de aislamiento), pero en los que exista una seguridad razonable de que la sección que presenta la falla se desenergiza en un tiempo no mayor que una hora.



Figura 15. Conductor para red de media tensión

Fuente: (VIKON, s.f.)

Tabla 12

Condiciones principales de conductores de MT para el tipo de aislamiento más apropiado.

| Nivel de aislamiento | Condición principal |
|----------------------|---|
| 100 % | Con neutro conectado a tierra (provistos de dispositivos de protección) |
| 133 % | Con neutro aislado |

Fuente: Autora

Referencia: MERNNR

Además, se pueden usar cuando es deseable un aislamiento adicional superior a la categoría del nivel del 100 %. (MERNNR, 2013)

4.1.6.4.2. Cables para red de baja tensión (BT).

Para red secundaria subterránea se utilizan cables con conductor de cobre, aislamiento de 2000 V con polietileno (PE) y chaqueta de policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad.

Características principales:

| | |
|---------------------|-----------------------------|
| Conductor | Cobre suave |
| Tipo de Aislamiento | Polietileno (PE) |
| Chaqueta | Policloruro de vinilo (PVC) |

4.1.6.5. Transición de red aérea – subterránea.

La transición de una línea aérea a subterránea o de subterránea a aérea se realizará en un poste de altura mínima de 12 m para media tensión y 10 m para bajo voltaje, los cables utilizados en ella se alojarán en tubería rígida de acero galvanizado.

En toda transición se instalará puntas terminales de uso exterior para los extremos de los cables monopoles de media tensión, debidamente instalados con todos los elementos que los proveedores recomiendan. Las puntas terminales serán seleccionadas adecuadamente para el voltaje y el calibre del conductor.

4.1.6.6. Transición subterránea de Media Tensión.

La transición subterránea de media tensión que se deriven de redes aéreas incluirá:

- Estructura con dos crucetas para instalación de seccionadores tipo abierto y pararrayos.
- Estructura con una cruceta para sujeción de los cables de MT.
- Kit para sujeción de los cables.
- Cable de cobre desnudo, cableado suave #2 AWG 7 hilos, para puesta a tierra.
- Pararrayos. El conductor de puesta a tierra de los pararrayos se alojará dentro del poste.
- Seccionadores tipo abierto.
- Punta terminal tipo exterior, seleccionada según el voltaje de la red y el calibre del cable monopolar de media tensión.
- Conector de cobre, tipo espiga u ojo, seleccionado según el calibre del cable monopolar de media tensión.
- Codo metálico reversible o tapón de salida múltiple, para sellar la tubería en su punto superior, seleccionada según el número y diámetro de los conductores de la transición.
- Tubería rígida de acero galvanizado con un diámetro mínimo de 4", asegurada al poste con cinta metálica y hebillas, de acero inoxidable. La tubería deberá ser aterrizada con un conector de aterrizamiento tubo-cable.

- Codo metálico rígido con curva amplia de 90°, de igual diámetro que la bajante, para unir al pozo que se instala al pie del poste. El codo no debe ser cortado y no sobrepasará la pared terminada del pozo. Se colocará una tuerca corona en el ingreso del codo metálico al pozo para la protección contra fricción del cable. La distancia de la parte superior del pozo al codo será mínimo 30 cm.
- La puesta a tierra estará conformada por una varilla de acero recubierta de cobre de 1.80 m por 15.87 mm (5/8”) de diámetro. La conexión se realizará mediante suelda exotérmica. (MERNNR, 2013) (Revisar Anexo 8).

4.1.6.7. Acometidas domiciliarias.

Las acometidas domiciliarias saldrán del pozo más cercano a la vivienda por donde este atravesando la red de BT. Se utilizará cable tipo TTU de calibre mínimo #6 AWG para las fases y el neutro, el mismo que llegará al medidor que estará ubicado en la fachada del inmueble.

Para la protección de los cables se podrán utilizar los siguientes elementos con diámetro mínimo de 2”:

- Tubería PVC
- Tubo rígido de acero metálico.
- Tubería de polietileno de alta densidad flexible.

Cuando desde un pozo salgan más de una acometida domiciliaria, se instalará un barraje aislado de BT el cual se alimentará desde la red principal y de este se derivarán las mismas. Para la derivación desde el cable principal de BT hacia la barra aislada o al medidor (en caso de una acometida) se utilizarán empalmes de resina o gel con sus respectivos conectores de compresión de cobre. (MERNNR, 2013) (Revisar Anexo 6).

4.1.7. Alumbrado público

La iluminación de las calles tiene el propósito de permitir a los usuarios de las mismas, disponer de la visibilidad necesaria para un desenvolvimiento fácil y seguro de la circulación.

Debido a que las luminarias son los aparatos destinados a distribuir el flujo que emiten las lámparas, con el propósito de dirigirlo sobre los objetos para iluminar, es importante que estas luminarias cumplan con ciertos requisitos de luminotecnia, eléctricos y mecánicos.

Desde el punto de vista de la iluminación, se ha puesto mucha atención por parte de los fabricantes en la realización de los elementos (difusores) encargados de modificar la distribución del flujo luminoso que emite la lámpara. Esta atención se da al grupo completo que comprende también los reflectores y los refractores.

Estructuralmente, las luminarias deben estar construidas de tal forma que estén protegidas contra la acción nociva de los agentes atmosféricos (polvo, agua, etcétera). no sólo las luminarias, sino también las lámparas y todos los auxiliares eléctricos (portalámparas, alimentadores, conectadores, etcétera); para tal fin, los fabricantes disponen de distintos tipos de protecciones. (Harper, 2004)

Antes de proceder con un proyecto de iluminación se deben conocer las condiciones físicas y arquitectónicas del sitio o espacio a iluminar, sus condiciones ambientales y su entorno, dependiendo de tales condiciones se deben tomar decisiones que conduzcan a tener resultados acordes con los requerimientos del presente reglamento.

En todo proyecto de iluminación o alumbrado público se debe estructurar un plan de mantenimiento del sistema que garantice atender los requerimientos de iluminación durante la vida útil del proyecto, garantizando los flujos luminosos dentro de los niveles permitidos, lo cual se denominará el flujo luminoso mantenido. (Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P., 2010)

4.1.7.1. Requisitos generales para un sistema de iluminación.

En todos los proyectos de iluminación, se deben elegir las fuentes luminosas teniendo en cuenta, la eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color, duración y vida útil de la fuente, en función de las actividades y objetivos de uso de los espacios a iluminar; así como de consideraciones arquitectónicas, ambientales y económicas.

Los criterios que se deben usar para identificar los tipos de luminarias son:

- Su fotometría
- Su uso
- El tipo de fuente de luz o bombilla
- Las dimensiones y forma de la luminaria
- El tipo de montaje o instalación requerido
- Su cerramiento o índice de protección IP
- El tipo de superficie reflectora de su conjunto óptico

Para identificar, clasificar y seleccionar las fuentes y luminarias es necesario conocer sus parámetros mediante los documentos fotométricos que deben suministrar los fabricantes y distribuidores:

4.1.7.1.1. Matriz de intensidades.

Es el principal documento fotométrico de cualquier luminaria y muestra la información de distribución de la intensidad lumínica.

4.1.7.1.2. Diagrama Isolux.

Es una representación a escala de los niveles lumínicos que se alcanzarían sobre algún plano horizontal de trabajo en relación con la altura de montaje. Permite realizar cálculos gráficos manuales bastante precisos punto a punto en instalaciones de alumbrado público, instalaciones industriales o en canchas deportivas. (INEN, 2013)

4.1.7.2. Otras Fuentes Luminosas.

El uso de otras fuentes tales como lámparas de Inducción, LEDs, OLEDs, LEPs, etc., estará condicionada a los siguientes requisitos:

- Cumplir con las regulaciones en cuanto a alta eficacia lumínica,
- Cumplir los requisitos de seguridad contra riesgo de origen eléctrico o térmico,
- Certificar el cumplimiento de estos requisitos mediante declaración del proveedor.

4.1.7.3. Duración o vida útil de la fuente lumínica.

Uno de los factores a tener en cuenta en todo proyecto de iluminación es la vida útil de la fuente, por lo que el fabricante debe suministrar la información sobre el particular. (INEN, 2013)

4.1.7.4. Iluminación eficiente.

En los proyectos de iluminación se deben aprovechar los desarrollos tecnológicos de las fuentes luminosas, las luminarias, los dispositivos ópticos y los sistemas de control, de tal forma que se tenga el mejor resultado lumínico con los menores requerimientos de energía posibles.

Un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales y crear ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables, empleando apropiadamente los recursos tecnológicos y evaluando todos los costos razonables que se incurren en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de iluminación se llegue al menor valor. (Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P., 2010)

4.1.7.5. Uso de software para diseño de sistemas de iluminación.

El software empleado en el cálculo y diseño de sistemas de iluminación debe cumplir con los siguientes requisitos:

- El software debe permitir ingresar la información fotométrica de las fuentes en las coordenadas establecidas en el presente reglamento.
- Deberá disponer de rutinas de ingreso para la información del diseño geométrico. De la misma forma deberá permitir ingresar la información relacionada con la identificación del objeto de diseño y del diseñador.
- Las unidades de medida para los datos a ingresar al software y las de los resultados deben ser claramente identificables, seleccionables y visibles.
- Las rutinas de entrada de datos deben permitir la identificación y/o selección de los parámetros a los cuales corresponde la información en cada instante ingresada, tales como: tipo de coordenadas de la fotometría empleada, altura de montaje e inclinación de la luminaria, distancias entre luminarias, posiciones relativas de las luminarias respecto del local, vía o espacio a iluminar, posiciones de las mallas de cálculo y del observador, condiciones ambientales, tipos de superficies e índices de reflexión asociados.
- El software debe permitir el uso de las fotometrías reales de las fuentes y no una modelación puntual de las mismas. En el mismo sentido, y con el objeto de disponer de cálculos más exactos y precisos, deberá considerar los efectos de reflexiones, las formas y tamaños de los obstáculos.
- El software debe permitir identificar las normas internacionales o de reconocimiento internacional usadas en sus algoritmos de cálculo, tales como: CIE, IESNA., NTE, ANSI, etc.
- En el caso de software para el diseño de alumbrado público, la metodología de cálculo deberá cumplir con los lineamientos especificados en la norma CIE 140 2000. (Empresa Eléctrica Quito S.A., 2014)

4.1.7.6. Información sobre condiciones ambientales de servicio.

Los elementos que conforman un sistema de iluminación en especial los de alumbrado público para un área de influencia determinada deben estar especificados de acuerdo con las características ambientales del lugar donde se instalen. Los parámetros que el diseñador, operador o encargado del mantenimiento deben tener en cuenta para especificar los productos dentro de la realización de sus actividades, en la gestión de un sistema de iluminación, son:

- Ambiente. Tropical, salino, corrosivo, otros.
- Humedad relativa: mayor del %.
- Temperaturas: máxima, promedio mínimo, (grados centígrados).
- Tipo de instalación: A la intemperie, aérea, ambiente peligroso, otros). (Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P., 2010)

4.1.7.7. Requisitos eléctricos y mecánicos de las luminarias y reflectores.

En las luminarias y proyectores para alumbrado público la protección contra voltaje de contacto debe ser Clase I de acuerdo con clasificación dada en la Norma IEC 60598 o normas equivalentes.

En luminarias para alumbrado público, el conjunto óptico debe tener un grado de hermeticidad IP no inferior a 65, de acuerdo a lo que se establece en la norma IEC 60598.

Las luminarias de alumbrado público deben armonizar con el ambiente y entorno del sitio de instalación en cada municipio, sin desmejorar la eficiencia de las instalaciones de alumbrado público.

En caso de ser requerido, los cables de conexión a la fuente de alimentación eléctrica deben tener los calibres y aislamientos apropiados para el tipo de carga, voltaje y temperatura, en ningún caso podrán ser de calibre inferior a 14 AWG. (Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P., 2010)

4.1.8. Normas y reglamentos vigentes en el Ecuador para el diseño de alumbrado público.

Contrariamente a lo que se pueda pensar, detrás de los cálculos y recomendaciones sobre alumbrado de vías públicas existe un importante desarrollo teórico sobre diferentes temas (pavimentos, deslumbramiento, confort visual, etc.). Afortunadamente, hoy día estos cálculos están muy mecanizados y no es necesario tener profundos conocimientos en la materia para realizarlos. No obstante, es recomendable tener nociones de algunos de ellos para comprender mejor la mecánica de cálculo. (García Fernández, s.f.)

Los principales reglamentos y normas para alumbrado público de vías vigentes en el Ecuador son los siguientes:

4.1.8.1. Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 069 “alumbrado público” – Documento Nacional.

El presente entra en vigencia el 17 de octubre de 2013.

El RTE INEN 069, tiene por objeto establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación pública, garantizando niveles y calidad de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados por la instalación y uso de sistemas de iluminación. Incluyendo criterios de eficiencia energética (INEN, 2012)

4.1.8.2. Regulación CONELEC 008/11 – Documento Nacional.

La presente regulación es presentada en el año 2011, teniendo por objeto normar condiciones técnicas, económicas y financieras que permitan a las distribuidoras de energía eléctrica prestar el servicio de alumbrado público general con calidad, eficiencia y precio justo. (ARCONEL, 2018)

4.1.9. Consideraciones técnicas del diseño del alumbrado público

4.1.9.1. Clases de iluminación según las características de las vías.

Los criterios que se deben tener en cuenta para asignar una clasificación de iluminación están asociados a las características de las vías, siendo las principales: la velocidad de circulación y el número de vehículos. Toda vía caracterizada con estas dos variables se les asignará un tipo de iluminación conforme a la tabla 13.

Tabla 13

Clases de iluminación para vías vehiculares.

| Iluminación de la vía | Descripción de la vía | Velocidad de circulación (km/h) | | Tránsito de vehículos T (Vehíc/h) | |
|-----------------------|--|---------------------------------|---------|-----------------------------------|------------|
| | | | | | |
| M1 | Autopistas y carreteras | Extra alta | V>80 | Muy importante | T>1000 |
| M2 | Vías de acceso controlado y vías rápidas | Alta | 60<V<80 | Importante | 500<T<1000 |
| M3 | Vías principales y ejes viales | Media | 30<V<60 | Media | 250<T<500 |
| M4 | Vías primarias y colectoras | Reducida | V<30 | Reducida | 100<T<250 |
| M5 | Vías secundarias | Muy reducida | Al paso | Muy reducida | T<100 |

Fuente: (Arias, 2015)

4.1.9.2. Requisitos de iluminación mantenidos para vías vehiculares.

Los parámetros fotométricos para tráfico motorizado (M1 al M5), se definen en las siguientes tablas:

Conocidas las características de las vías y sus requerimientos visuales, se deberá asignar la clase de iluminación necesaria. A cada clase de iluminación se le establecen los requisitos fotométricos mínimos mantenidos a través del tiempo, los cuales se condensan en la Tabla 14 para luminancia, cuando este es el criterio aplicado. Los valores son para piso seco.

Tabla 14

Requisitos fotométricos mantenidos por la clase de iluminación para tráfico motorizado con base en la luminancia de la calzada.

| Clase de iluminación | Zona de aplicación | | | | |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|--|---|
| | Todas la vías | | | Vías sin o con poca intersecciones | Vías con aceras no iluminadas para clases P1 a P4 |
| | Luminancia promedio | Factor de uniformidad | Incremento de umbral | Factor de uniformidad longitudinal de luminancia | Relación de entorno |
| | Mínimo mantenido | Mínimo | Máximo inicial | Mínimo | Mínima |
| | L prom (cd/m ²) | U _o | TI (%) | U _L | SR |
| M1 | 2.00 | 0.40 | 10 | 0.70 | 0.50 |
| M2 | 1.50 | 0.40 | 10 | 0.70 | 0.50 |

| | | | | | |
|----|------|------|----|------|------|
| M3 | 1.00 | 0.40 | 10 | 0.70 | 0.50 |
| M4 | 0.80 | 0.40 | 10 | N.R. | N.R. |
| M5 | 0.60 | 0.40 | 10 | N.R. | N.R. |

N.R. No requerido

Fuente: (ARCONEL, 2018)

4.1.9.3. Requisitos de iluminación para vías peatonales y de ciclistas.

En la tabla 15 se asocian, a las clases de iluminación, los valores de iluminancia que se deben satisfacer en los distintos tipos de vías peatonales.

Tabla 15

Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal.

| | Valor promedio | Valor mínimo |
|--|----------------|--------------|
| | 20.0 | 7.5 |
| | 10.0 | 3.0 |
| | 7.5 | 1.5 |
| | 5.0 | 1.0 |
| | 3.0 | 0.6 |
| | 1.5 | 0.2 |
| | No aplica | No aplica |

Fuente: (INEN, 2013)

4.1.9.4. Niveles exigidos de luminancia e iluminancia en alumbrado público.

De acuerdo con los tipos de vías de cada municipio, los sistemas de alumbrado público se deben diseñar y construir con los valores fotométricos de la tabla 16. El diseño de iluminación debe considerar no solamente las calzadas vehiculares, sino las ciclo rutas y los andenes adyacentes, como componente del espacio público.

Tabla 16

Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclo rutas y aceras adyacentes.

| Tipo de vía | Calzadas vehiculares | | | | Ciclo-rutas adyacentes | | Relación de alrededores * | | |
|----------------------|-----------------------|-----|-----------------------|-----|------------------------|-----|---------------------------|-----|------|
| | En andenes adyacentes | | Alrededor sin andenes | | | | | | |
| CLASE DE ILUMINACIÓN | Lprom | Uo | Ul | TI | Eprom | Uo | Eprom | Uo | SR |
| | cd/m ² | ≥ % | ≥ % | ≤ % | lux | ≥ % | lux | ≥ % | % |
| M1 | 2.0 | 40 | 50 | 10 | 20 | 40 | 13 | 33 | 50 |
| M2 | 1.5 | 40 | 50 | 10 | 20 | 40 | 10 | 33 | 50 |
| M3 | 1.2 | 40 | 50 | 10 | 15 | 40 | 9 | 33 | 50 |
| M4 | 0.8 | 40 | N.R. | 15 | 10 | 40 | 6 | 33 | N.R. |
| M5 | 0.6 | 40 | N.R. | 15 | 7.5 | 40 | 5 | 33 | N.R. |

Adaptado de la norma CIE 115 2010

Fuente: (Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P., 2010)

Lprom: es la luminancia promedio mínima mantenida

Uo: es la uniformidad general.

Ul: es la uniformidad longitudinal.

TI: es la restricción del deslumbramiento.

Eprom: es la iluminancia promedio.

N.R.: No requerido.

* Corresponde a vías de uso residencial exclusivamente. Para uso mixto y comercial, pasar a la categoría V6.

4.1.9.5. Configuraciones básicas de localización de puntos de iluminación.

Conocidas las características de las vías y las propiedades fotométricas de las luminarias, el diseñador debe aplicar la configuración que mejor resuelva los requerimientos de iluminación, podrá tener en cuenta la recomendación de la tabla 17.

Tabla 17

Recomendaciones para la disposición de luminarias.

| Clase de iluminación | Altura (m) | Relación S/H | Disposición de las luminarias Criterio | Disposición |
|----------------------|------------|--------------|---|-------------|
| M1 | 12 - 14 | 3.5 - 4 | Dos carriles de circulación | Unilateral |
| M2 | 10 - 12 | 3.5 - 4 | Dos carriles de circulación | Unilateral |
| M3 | 8.5 - 10 | 3.5 - 4 | Ancho de calzada menor | Unilateral |
| M4 | 7 - 9 | 3.5 - 4 | Unilateral | |
| M5 | 6 | 3.5 - 4 | A criterio del diseñador | |

Fuente: (Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P., 2010)

4.1.9.6. Postes para alumbrado público.

Los postes exclusivos para alumbrado público pueden ser de concreto, hierro galvanizado, aluminio, madera inmunizada, fibras poliméricas reforzadas u otros materiales, deben resistir todos los esfuerzos mecánicos propios de elementos tales como los conductores, luminarias, transformadores, los ocasionados por personal de mantenimiento y el viento.

Los postes metálicos y brazos de montaje deberán cumplir con el diseño arquitectónico descrito en las normas urbanísticas de cada municipalidad. Los postes deberán permitir el

montaje de luminarias doble y sencillo, y ser de doble propósito, especialmente diseñados para alumbrado público peatonal, plazoletas y parques.

4.1.9.7. Postes exclusivos de alumbrado público de doble propósito.

Debido a la disposición multipropósito de algunos proyectos en los que se contemplan vías especiales para el tráfico de vehículos, así como las vías peatonales y el ciclo-ruta, es necesario minimizar el uso de postes y apoyos para el alumbrado público. Por un lado, sirve para iluminar la calzada vehicular y por otro lado, a igual o menor altura, sirven para colocar las luminarias del andén peatonal o ciclo-ruta.

4.1.9.7.1 Disposición unilateral.

Es una disposición donde todas las luminarias se instalan a un solo lado de la vía. El diseñador debe utilizar la luminaria más apropiada que cumpla con los requisitos fotométricos exigidos para las alturas de montaje, interdistancias y menor potencia eléctrica requerida.

Diseños por encima de 20° de elevación no son recomendables porque pueden terminar iluminando las fachadas del frente y generando polución luminosa).

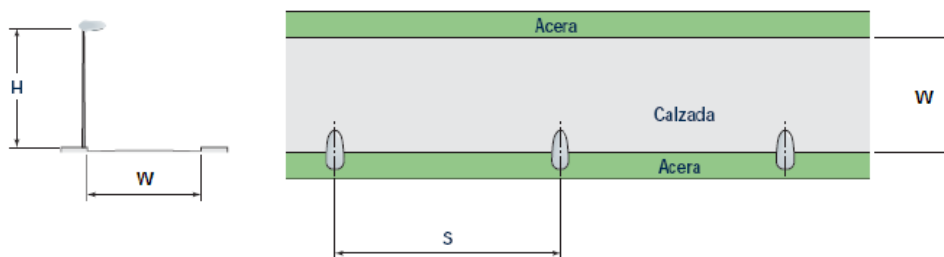


Figura 16. Disposición Unilateral

Fuente: (Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P., 2010)

4.1.9.7.2. Central doble.

Donde los carriles de circulación en una dirección y otra se encuentran separados por un parterre que no debe ser menor de 1.5 m de ancho, se logra una buena economía en el proyecto si los postes comparten en el separador central a manera de dos disposiciones unilaterales. Esta manera de agrupar las luminarias se denomina central sencilla.

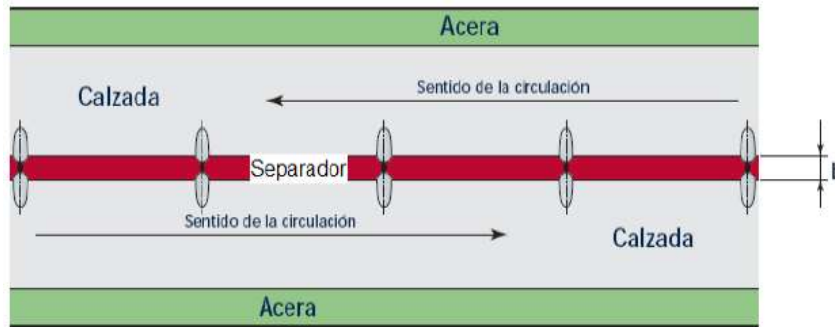


Figura 17. Disposición central doble (para $1,5 \geq b \geq 4$ m).

Fuente: (Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P., 2010)

4.1.10. Clasificación de las superficies de las calzadas (estado seco)

El coeficiente S_1 es el que define la forma básica del cuerpo R, aunque el brillo sea el mismo, una superficie reflejará diferente cantidad de luz según varíe este coeficiente (ver tabla 18).

Cuando el valor Q_0 de una superficie sea diferente al valor para el cual se hizo la tabla patrón, los valores R de la tabla patrón deben multiplicarse por la relación entre el valor Q_0 real de la superficie y el valor Q_0 de la tabla patrón. En los casos donde las características de reflexión S_1 y Q_0 no se puedan medir ni determinar, partiendo del conocimiento o la experiencia previos, puede conseguirse una orientación aproximada escogiendo un tipo de tabla R de acuerdo con el tipo de acabado de la calzada y de los materiales utilizados en su construcción.

Tabla 18

Clasificación de superficies según el factor S_1

| | | | | | |
|--|------------------------|------|------|------|-----------------------|
| | | | | | |
| | $S_1 < 0.42$ | 0.25 | 1.53 | 0.10 | Casi difusa |
| | $0.42 \leq S_1 < 0.85$ | 0.58 | 1.80 | 0.07 | Difuso especular |
| | $0.85 \leq S_1 < 1.35$ | 1.11 | 2.38 | 0.07 | Ligeramente especular |
| | $S_1 \geq 1.35$ | 1.55 | 3.03 | 0.08 | Especular |

Fuente: (INEN, 2013)

Cada tipo de superficie de calzada de la misma clase se caracterizará por un solo cuerpo o tabla R típico de esa clase. Esto hace que las tablas R funcionen como patrón mediante el cual pueden llevarse a cabo los cálculos de luminancia. Las características resumidas, de acuerdo con el patrón definido por la CIE, se dan a continuación:

Tabla 19

Designación aproximada de superficies en las clases típicas.

| | |
|--|---|
| | |
| | Superficies de asfalto con un mínimo del 15 % de materiales abrillantadores o materiales artificiales claros o al menos un 30 % de anortositas muy brillantes. Superficies que contienen gravas que cubren más del 80% de la superficie de la calzada, y las gravas constan de gran cantidad de material claro, o de abrilladores o están compuestas al 100% de anortositas muy brillantes. Superficies de calzada de hormigón de concreto. |
| | Superficies con textura rugosa que contienen agregados normales Superficies asfálticas (pavimentos bituminosos que contienen el 10% al 15% de abrilladores artificiales. Hormigón bituminoso grueso y rugoso, rico en gravas (más del 60%) de tamaños mayores a 10 mm Asfalto mástico después de ser tratado. Se conoce también como asfalto mástico en estado nuevo. |
| | Revestimiento en Hormigón bituminoso (asfalto frío, asfalto cemento) con tamaño de grava superior a 10 mm, con textura rugosa Superficies tratadas con textura rugosa pero pulimentada. |
| | Asfalto mástico después de varios meses de uso Superficies con textura bastante suave o pulimentada. |

Fuente: (INEN 2013)

4.1.10.1. Tipos de pavimento.

La norma actual para el cálculo de la iluminación en calles y carreteras admite dos métodos de diseño: el método de la iluminancia y el de la luminancia. El de iluminancia era el único método válido en Norteamérica hasta 1983. El método requiere el cálculo de la cantidad de luz que cae sobre la superficie del pavimento, es decir la iluminación horizontal que es la que el chofer no ve, la que ve es la incidente de la iluminancia del pavimento. El método de la luminancia tiene en cuenta la reflectancia del pavimento y para ello clasifica la superficie del pavimento en cuatro categorías (R1, R2, R3, R4) y a cada categoría le asigna el coeficiente de luminancia (Q_o) correspondiente.

Tabla 20

Clase de pavimentos y descripción.

| | | | |
|--|------|---|------------------------------------|
| | | | |
| | 0.10 | Pavimento de concreto. | Principalmente difusa o esparcida. |
| | 0.07 | Pavimento asfáltico con mínimo 60% de grava tamaño máximo menor a 10mm. Pavimento asfáltico con superficie de rodadura con 10 a 15% de agregado artificialmente aclarado con mezcla (normalmente usado en Norteamérica). | Mezcla entre difusa y brillante. |
| | 0.07 | Pavimento asfáltico con textura típica después de meses de uso (típica autopista). | Altamente brillante. |
| | 0.08 | Pavimento asfáltico con textura muy suave. | Principalmente brillante. |

Fuente: (Prócel, 2017)

Salvo que se especifique lo contrario para el revestimiento asfáltico de la calzada, se debe utilizar la matriz R2 de la CIE con $Q_0 = 0.07$, que corresponde al tipo de pavimento que se considera más usado. (Prócel, 2017)

4.2. Situación actual del circuito de distribución de media y baja tensión de la zona céntrica de Zamora.

El circuito de media tensión (22 kV) que suministra energía eléctrica a la zona de estudio es denominado Alimentador **ZAMORA 1** que se encuentra conectado con el Alimentador **CUMBARATZA**, en la figura 18 se detalla la zona de estudio. El presente estudio se lo realiza en las calles comprendidas desde Sevilla de Oro seguido de la calle Diego de Vaca, Av. Alonso de Mercadillo, finalizando en la Av. Héroes de Paquisha, lo que da aproximadamente un área total de 367054 m². En este sector del proyecto se presentan dos tipos de clientes, siendo en su mayoría clientes residenciales, seguido por los clientes comerciales.



Figura 18. Mapa eléctrico de circuitos de media tensión que alimentan el área de estudio

Fuente: (SIG - EERSSA, s.f.)

4.2.1. Principales materiales y equipos existentes en la zona de estudio

4.2.1.1. Transformadores.

La zona de estudio se encuentra energizada por transformadores de distribución del tipo convencional y autoprotegido en tanque, también existen muy pocos lugares donde se encuentran transformadores padmounted. Existen 61 transformadores de distribución en el área de estudio, de los cuales, algunos se encuentran alimentando a redes soterradas existentes, el número de transformadores de la zona se indican de acuerdo a su capacidad en la tabla 21.

El Anexo 1 indica las características y capacidad actual de cada transformador de distribución dentro del área en estudio a soterrar.

Tabla 21

Número de transformadores existentes en la zona para cada capacidad.

| Capacidad de transformadores | Banco de Transformadores | Transformadores Subterráneos | Transformadores Aéreos |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| kVA | Unid. | Unid. | Unid. |
| 5 | | | 3 |
| 10 | | | 3 |
| 15 | | 2 | 9 |
| 25 | | 1 | 8 |
| 30 | | 2 | 1 |
| 37,5 | | | 7 |
| 45 | 2 | | |
| 50 | | 3 | 8 |
| 75 | 1 | 1 | 2 |
| 100 | | 2 | 1 |
| 112,5 | 2 | | |
| 125 | | 1 | |
| 150 | | 2 | |
| 250 | | 1 | |

Fuente: Autora.

4.2.1.2. Postes.

Existen 142 postes del tipo hormigón circulares y rectangulares de diferentes longitudes que van desde los 9 m hasta los 14 m de longitud, además existen 76 postes de tipo metálico circulares. En la tabla 22 se detalla la división existente del número de postes en la zona de aplicación del proyecto.

Tabla 22

Descripción general de postes existentes en el área de aplicación del proyecto.

| Ítem | Descripción | Código MERNNR | ID UP-UCa | Cantidad |
|-------------|--|----------------------|------------------|-----------------|
| 1 | Poste Hormigón Armado Circular de 9 m Carga de Rotura 350 kg | PO0101 | PHC9_350 | 1 |
| 2 | Poste Hormigón Armado Rectangular de 9 m Carga de Rotura 350 kg | PO0201 | PHR9_350 | 30 |
| 3 | Poste Hormigón Armado Rectangular de 11 m Carga de Rotura 316 kg | PO1125 | PHR11_316 | 1 |
| 4 | Poste Hormigón Armado Rectangular de 11 m Carga de Rotura 350 kg | PO1101 | PHR11_350 | 10 |
| 5 | Poste Hormigón Armado Circular de 11 m Carga de Rotura 350 kg | PO1001 | PHC11_350 | 1 |

| | | | | |
|-----------|--|--------|------------|----|
| 6 | Poste Hormigón Armado Rectangular de 11 m Carga de Rotura 600 kg | PO1105 | PHR11_600 | 1 |
| 7 | Poste Hormigón Armado Rectangular de 11 m Carga de Rotura 500 kg | PO1104 | PHR11_500 | 84 |
| 8 | Poste Hormigón Armado Circular de 12 m Carga de Rotura 500 kg. | PO1604 | PHC12_500 | 9 |
| 9 | Poste Hormigón Armado Rectangular de 12 m Carga de Rotura 600 kg | PO1605 | PHC12_600 | 1 |
| 10 | Poste Hormigón Armado Circular de 12 m Carga de Rotura 1000 kg | PO1609 | PHC12_1000 | 1 |
| 11 | Poste Hormigón Armado Rectangular de 14 m Carga de Rotura 750 kg | PO3114 | PHR14_750 | 3 |
| 12 | Poste Metálico Circular de 3 m | PO3000 | PEC3 | 31 |
| 13 | Poste Metálico Circular de 8 m | PO3600 | PEC8 | 20 |
| 14 | Poste Metálico Circular de 10 m | PO0800 | PEC10 | 25 |

Fuente: *Autora.*

4.2.1.3. Luminarias.

Las luminarias existentes en el área del proyecto son en su mayoría de sodio de alta presión y de doble nivel de potencia, estas son autocontroladas y también existen circuitos donde son comandadas por conductor piloto.

La tabla 23 resume el número y tipo de luminarias existentes en el área de estudio.

Tabla 23

Número y descripción general de las luminarias existentes en el área del proyecto.

| Ítem | Descripción abreviada | Código MERNNR | ID. UP-UCa | Total |
|------|--|------------------|------------|-------|
| 1 | Lum. 240 V Na 100 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C | APO0311 | LDPS100ACC | 6 |
| 2 | Lum. 240 V Na 250 W en poste con red aérea Autocontrolada Dob.niv.pot. C | APO0319 | LDPS250ADC | 53 |
| 3 | Lum. 240 V Na 150 W en poste con red aérea hilo piloto pot. cte. C | APO0305 | LDPS150PCC | 26 |
| 4 | Lum. 240 V Na 70 W en poste con red aérea hilo piloto pot. cte. C | APO0301 | LDPS70PCC | 16 |
| 5 | Lum. 240 V Na 100 W en poste con red aérea hilo piloto pot. cte. C | APO0304 | LDPS100PCC | 20 |
| 6 | Lum. 240 V Na 150 W en poste con red aérea Autocontrolada Dob.niv.pot. C | APO0318 | LDPS150ADC | 3 |
| 7 | Lum. 240 V Na 150 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C | APO0312 | LDPS150ACC | 1 |

| | | | | |
|-----------|---|---------|------------|----|
| 8 | Lum. 240 V Na 70 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C | APO0308 | LDPS70ACC | 3 |
| 9 | Lum. 240 V Hg 125 W en poste con red aérea ¹ hilo piloto pot. cte. C | APO0201 | LDPM125PCC | 1 |
| 10 | Lum. 240 V Na 250 W en poste con red aérea hilo piloto pot. cte. C | APO0306 | LDPS250PCC | 1 |
| 11 | Lum. 240 V Na 100 W en poste con red aérea hilo piloto pot. cte. C | APO0304 | LDPS100PCC | 58 |
| 12 | Lum. 240 V Na 100 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C | APO0311 | LDPS100ACC | 22 |
| 13 | Lum. 240 V Na 400 W en poste con red aérea hilo piloto pot. cte. C | APO0307 | LDPS400PCC | 7 |
| 14 | Lum. 240 V Ornamental Na 100 W en poste Hilo Piloto. pot. cte. | | AODPLS100P | 3 |
| 15 | Lum. 240 V Ornamental Na 70 W en poste Autocont. pot. cte. | | AODPLS70A | 42 |
| 16 | Lum. 240 V Ornamental Na 250 W en poste Hilo Piloto. pot. cte. | | AODPLS250P | 5 |
| 17 | Lum. 240 V Na 250 W en poste con red aérea hilo piloto pot. cte. C | APO0306 | LDPS250PCC | 3 |
| 18 | Lum. 240 V Na 250 W en poste con red aérea Autocontrolada pot. cte. C | APO0313 | LDPS250ACC | 1 |

Fuente: Autora.

¹ pot. cte. C: potencia constante controlada

4.2.1.4. Conductores.

Los conductores de energía eléctrica de la red aérea existente se generalizan en las tablas 24, 25 y 26 los tipos de conductores aquí detallados, son aquellos que se repiten y se encuentran presentes en la red de distribución aérea.

Cabe recalcar que en los postes existentes también se encuentran alojados conductores diferentes a las redes de distribución eléctrica, muchos de estos conductores pertenecen a redes de telecomunicaciones.

4.2.1.4.1. Conductores eléctricos a la salida del alimentador.

Tabla 24

Tipo de conductores y su configuración a la salida del alimentador ZAMORA 1.

| SUBTIPO | VOLTAJE | Código Conductor Fase | Código Conductor Neutro | Configuración Conductores |
|--------------------------------------|----------------|--|--|--|
| <i>Tramo MTA</i> <i>Trifásico</i> | 22.0 kV | ACSR.2/0 | ACSR.2/0 | 3F4C |

Fuente: Autora.

4.2.1.4.2. Conductores eléctricos de media tensión (M/T)

Tabla 25

Tipo de conductores y su configuración en red de media tensión, dentro de la zona de estudio.

| SUBTIPO | VOLTAJE | Código | Código | Configuración |
|---|-----------------|--------------|--------------|---------------|
| | | Conductor | Conductor | |
| | | Fase | Neutro | |
| <i>Tramo MTA</i> <i>Monofásico</i> | 12.70 kV | ACSR.2 | ACSR.2 | 1F2C |
| | Longitud 878 m | ACSR.2 | ACSR.4 | |
| | | ACSR.4 | ACSR.2/0 | |
| <i>Tramo MTA</i> <i>Trifásico</i> | 22.0 kV | ACSR.2/0 | ACSR.2 | 3F4C |
| | Longitud 2421 m | ACSR.2/0 | ACSR.2/0 | |
| | | ACSR.1/0 | ASC.2 | |
| | | ACSR.2 | ACSR.2 | |
| | | ACSR.4 | ACSR.4 | |
| | | ACSR.4 | ACSR.2 | |
| | | ACSR.4 | ACSR.2/0 | |
| | | ACSR.4 | ACSR.1/0 | |
| <i>Bajante MTA</i> <i>Monofásica</i> | 12.7 kV | AAAC5005.2 | AAAC5005.2 | 1F2C |
| | Longitud 29 m | AAAC5005.1/0 | AAAC5005.1/0 | 1F2C |
| <i>Bajante MTA</i> <i>Trifásica</i> | 22.0 kV | AAAC5005.2 | AAAC5005.2 | 3F4C |
| | Longitud 8 m | | | |

Fuente: Autora.

4.2.1.4.3. Conductores eléctricos de baja tensión (B/T)

Tabla 26

Tipo de conductores y su configuración en red de baja tensión, dentro de la zona de estudio.

| SUBTIPO | VOLTAJE | Código Conductor | Código Conductor | Configuración |
|---|---------|------------------|------------------|---------------|
| | | Fase | Neutro | Conductores |
| <i>Tramo BTA</i> <i>Monofásico</i> Longitud 3113 m | 240 V | THHN.Cu.2 | THHN.Cu.2 | 1F3C |
| | 240 V | ACSR.2 | ACSR.2 | 1F4C |
| | 240 V | MUL.AL.3X6 | MUL.AL.3X6 | 1F3C |
| | 240 V | MUL.AL.4X2 | MUL.AL.4X2 | 1F3C |
| | 240 V | ACSR.2 | ACSR.4 | 1F4C |
| | 240 V | ACSR.4 | ACSR.4 | 1F2C |
| | 240 V | ACSR.2/0 | ACSR.2/0 | 1F4C |
| | 240 V | CON.AL.2X4(6) | CON.AL.2X4(6) | 1F3C |
| | 120 V | CON.Cu.2x10 | CON.Cu.2x10 | 1F2C |
| | 240 V | ACSR.4 | ACSR.2 | 1F3C |
| <i>Tramo BTA</i> <i>Bifásico</i> Longitud 51 m | 220 V | MUL.AL.3X6 | MUL.AL.3X6 | 2F3C |
| | 220 V | ACSR.2/0 | ACSR.2/0 | 3F4C |
| <i>Tramo BTA</i> <i>Trifásico</i> Longitud 1576 m | 220 V | ACSR.1/0 | ACSR.1/0 | 3F4C |
| | 208 V | ACSR.2 | ACSR.2 | 3F4C |
| | 220 V | ACSR.2 | ACSR.2 | 3F4C |
| | 208 V | ACSR.2 | ACSR.4 | 3F4C |
| | 240 V | TTU.Cu.2 | TTU.Cu.2 | 1F3C |
| <i>Bajante BTA</i> <i>Monofásica</i> Longitud | 240 V | TTU.Cu1/0 | TTU. Cu1/0 | 1F3C |
| | 240 V | TW.Cu.10 | TW.Cu.10 | 1F2C |

| | | | | |
|---------------------|-------|-------------|-------------|------|
| 138 m | 240 V | TW.Cu.12 | TW.Cu.12 | 1F2C |
| Bajante BTA | 220 V | TTU.Cu.12 | TTU.Cu.12 | 2F2C |
| Bifásica | 208 V | TW.Cu.10 | TW.Cu.10 | 2F2C |
| Longitud | 220 V | TW.Cu.10 | TW.Cu.10 | 2F2C |
| 36 m | 220 V | TTU.Cu.2 | TTU.Cu.2 | 3F4C |
| Bajante BTA | 220 V | TTU.Cu.2 | TTU.Cu.2 | 3F4C |
| Trifásica | 208 V | TTU.Cu.2 | TTU.Cu.2 | 3F4C |
| Longitud | 120 V | MUL.Al.2x4 | MUL.Al.2x4 | 1F2C |
| 7 m | 120 V | MUL.Al.2x6 | MUL.Al.2x6 | 1F2C |
| | 240 V | MUL.Al.3x6 | MUL.Al.3x6 | 1F3C |
| | 240 V | MUL.Al.3x6 | MUL.Al.3x6 | 1F2C |
| | 240 V | MUL.Al.3x4 | MUL.Al.3x4 | 1F3C |
| | 240 V | MUL.Al.3X2 | MUL.Al.3X2 | 1F3C |
| | 240 V | CON.Al.3x6 | CON.Al.3x6 | 1F3C |
| | 240 V | MUL.Cu.3x6 | MUL.Cu.3x6 | 1F3C |
| Acometida | 240 V | MUL.Al.3x4 | MUL.Al.3x4 | 1F3C |
| BTA | 240 V | CON.Al.3x6 | CON.Al.3x6 | 1F3C |
| Monofásica | 120 V | MUL.Al.2x6 | MUL.Al.2x6 | 1F2C |
| Longitud 5667 | 240 V | MUL.Al.3x6 | MUL.Al.3x6 | 1F3C |
| m | 220 V | MUL.Al.3x2 | MUL.Al.3x2 | 1F3C |
| Acometida | 220 V | MUL.Al.3x6 | MUL.Al.3x6 | 2F3C |
| BTA Bifásica | 208 V | MUL.Al.3x6 | MUL.Al.3x6 | 2F3C |
| Longitud 1992 | 220 V | MULT.AL.3X4 | MULT.AL.3X4 | 2F3C |
| m | 208 V | MULT.AL.3X2 | MULT.AL.3X2 | 2F3C |

| | | | | |
|----------------------|-------|------------|------------|------|
| | 220 V | CON.Al.3x6 | CON.Al.3x6 | 2F3C |
| | 208 V | CON.Al.3x6 | CON.Al.3x6 | 2F3C |
| Acometida | 208 V | MUL.Al.4x2 | MUL.Al.4x2 | 3F4C |
| BTA Trifásica | 220 V | MUL.Al.4x4 | MUL.Al.4x4 | 3F4C |
| Longitud | 208 V | MUL.Al.4x4 | MUL.Al.4x4 | 3F4C |
| 675 m | 208 V | MUL.Al.4x6 | MUL.Al.4x6 | 3F4C |
| | 220 V | MUL.Al.4x6 | MUL.Al.4x6 | 3F4C |

Fuente: Autora.

4.2.1.5. Equipos de seccionamiento y protección.

En la red existente se puede apreciar los dispositivos de seccionamiento y protección Anexo 1 que está conformado por el plano de la red eléctrica tanto de media tensión como de baja tensión y alumbrado público todo esto basado en el Sistema de Información Geográfico de la EERSSA. (MERNNR, 2013)

4.2.2. Datos estadísticos del sector de diseño para el cálculo de la demanda.

4.2.2.1. La Tasa de crecimiento de demanda del sector.

La demanda energética de un sector por lo general siempre tiende a crecer, los porcentajes de crecimiento dependen del tipo de carga que se abastezca. En Ecuador, los nuevos proyectos de electrificación tanto para redes aéreas como soterradas, tienen que dimensionar las nuevas redes con la carga de cocinas de inducción (programa de cocción eficiente), y a la vez usar estratos de consumo que están disponibles en las páginas electrónicas de las empresas distribuidoras.

En la EERSSA aún se maneja la proyección de la demanda eléctrica de la siguiente manera:

Se calcula el valor del crecimiento de la demanda para cierto número de años, así como lo muestra la siguiente ecuación en el cálculo de demanda proyectada:

$$DMU_p = DMU_a(1 + i)^n \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

DMU_p : Demanda máxima unitaria proyectada.

DMU_a : Demanda máxima unitaria.

T_i : Tasa de Incremento de la demanda (%)

n : Número de años.

El valor de T_i , es la variable obtenida a través de datos estadísticos de años anteriores y otras variables que afectan su valor.

4.2.2.2. Cálculo de la demanda de diseño, establecido por la EERSSA.

4.2.2.2.1. Demanda Máxima Unitaria Proyectada, urbanizaciones, lotizaciones y proyectos rurales.

Las demandas máximas unitarias proyectadas serán dimensionadas tomando en consideración el área de los lotes para el sector urbano y el tipo de usuarios para el sector rural, mismas que se pueden observar en la tabla 27 y que presentan la siguiente clasificación:

Tabla 27

Demandas máximas proyectadas para el sector urbano.

| DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PROYECTADA (DMUp) | | |
|---|------------------------|------------------------|
| Área promedio de lotes <i>m²</i> | Tipo de usuario | DMUp |
| | | <i>(kVA) - 10 años</i> |
| A > 400 | A | 4.48 |
| 300 < A < 400 | B | 2.35 |
| 200 < A < 300 | C | 1.33 |
| 100 < A < 200 | D | 0.82 |
| A < 100 | E | 0.56 |

Fuente: (EERSSA, 2012)

4.2.2.2.2. Demanda Máxima Proyectada, Urbanizaciones, Lotizaciones y proyectos rurales

En un punto considerado, se determina de acuerdo a la ecuación 2:

$$DMP = DMU_p * N * FC \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$$DMP = \text{Demanda máxima proyectada en el punto dado.} \quad [kVA]$$

$$DMU_p = \text{Demanda máxima unitaria proyectada.} \quad [kVA]$$

N = Número de usuarios.

FC = Factor de coincidencia

El factor de coincidencia se determina por medio de la ecuación 3

$$FC = N^{-0,0944} \quad \text{Ecuación 3}$$

Esta demanda corresponde exclusivamente al conjunto de usuarios típicos, además, deberá incorporarse la demanda de las cargas especiales como las de alumbrado público y otras que sean incidentes para el cálculo. (EERSSA, 2012)

$$DMD = DMP + AP + Ce \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$$DMD = \text{Demanda máxima de diseño.} \quad [kVA]$$

$$AP = \text{Carga de alumbrado público.} \quad [kVA]$$

$$Ce = \text{Cargas especiales (puntuales).} \quad [kVA]$$

4.2.2.2.3. Propuesta para la determinación de la demanda de cocinas de inducción.

Hasta el momento para determinar la demanda por cocinas de inducción en los proyectos eléctricos residenciales en el área de concesión de la EERSSA, se ha venido utilizando factores de simultaneidad entre usuarios emitidos por el MEER; la determinación de la demanda se la realiza siempre para el caso más crítico que es para la demanda máxima coincidente del sistema (típicamente entre las 19:00 y 20:00 horas con una duración aproximada de 30 minutos)

Con corte agosto de 2017, la capacidad instalada en transformadores de distribución en el área de concesión de la EERSSA es 311.43 MVA, y la demanda máxima del sistema fue 64.17 MVA la que equivale al 20.6% de la capacidad instalada, lo que evidencia que existe un sobredimensionamiento en la capacidad de los centros de transformación esto se traduce en incremento de pérdidas de energía en el núcleo (pérdidas de vacío).

De acuerdo al diagnóstico 2016 de las pérdidas de energía, las de vacío representan aproximadamente el 30 %.

4.2.2.2.4. Metodología que se viene aplicando hasta la fecha.

La información proporcionada por el MEER, no específica si los factores de simultaneidad incluyen el análisis de la incidencia directa en demanda máxima del sistema, dichos factores se muestran a continuación:

Tabla 28

Factor de simultaneidad y demanda en kVA que se viene aplicando en cocinas de inducción.

| USUARIOS | ACTUAL | |
|----------|---------|-----------|
| | F.S. | kVA total |
| 1 | 66.10 % | 2.87 |
| 2 | 41.60 % | 3.62 |
| 3 | 31.85 % | 4.15 |
| 4 | 28.99 % | 5.04 |
| 5 | 26.95 % | 5.86 |
| 6 | 25.39 % | 6.62 |
| 7 | 24.14 % | 7.35 |
| 8 | 23.11 % | 8.04 |
| 9 | 22.23 % | 8.70 |

| | | |
|-----|---------|-------|
| 10 | 21.48 % | 9.34 |
| 15 | 18.81 % | 12.27 |
| 20 | 17.12 % | 14.89 |
| 30 | 15.00 % | 19.56 |
| 40 | 13.65 % | 23.74 |
| 50 | 12.89 % | 28.03 |
| 60 | 12.62 % | 32.91 |
| 70 | 12.38 % | 37.69 |
| 80 | 12.19 % | 42.39 |
| 90 | 12.02 % | 47.02 |
| 100 | 11.87 % | 51.59 |
| 150 | 11.30 % | 73.71 |
| 200 | 10.92 % | 94.94 |

Fuente: (EERSSA, 2017)

4.2.3. Obra Civil

En el presente proyecto la obra civil se determinó de acuerdo al *MANUAL DE CONSTRUCCIÓN PARA EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE REDES SUBTERRÁNEAS*, si el manual facilita los datos de diseño de los componentes de la obra civil se lo definirá en el mismo, por otro lado, convendrá que el diseño lo realice un profesional relacionado con el tema.

Las distancias mínimas de seguridad son respetadas según lo que indica la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC)

Los fundamentales requerimientos a cumplir en el diseño de la obra civil son los siguientes:

4.2.3.1. Banco de Ductos

- **Seguridad:** Se utilizará una cinta plástica para señalización de que en el lugar existe un banco de ductos eléctricos.
- **Diámetros de tuberías:** sus dimensiones dependerán del nivel de voltaje, calibre del conductor y número de conductores. Además, el diámetro de la tubería debe permitir la disipación del calor, fácil instalación y retiro de los conductores sin dañar a los mismos o a su aislamiento.
- **Dimensiones de zanjas:** dependerá del número de ductos a instalar.
- **Material de relleno de banco de ductos:** dependerá del lugar donde esté instalado, en acera o calzada.
- **Ductos a instalarse:** deberá instalarse tubo PVC de pared estructurada e interior lisa tipo B para red de MT y BT y tubo PVC del tipo II pesado para alumbrado público y acometidas de acuerdo a lo indicado en la norma NTE INEN 2227 y NTE INEN 1869.
- **Separación entre ductos:** se utilizará separadores prefabricados de PVC, para mantener uniformidad de separación en todo el trayecto del banco de ductos, lograr una distribución uniforme del material de relleno entre ductos y permitir una mejor disipación de calor entre ductos. (MERNNR, 2013)

4.2.3.2. Pozos

4.2.3.2.1. Dimensiones.

Se consideraron en base a normas de las EDs (Empresas de Distribución) y a la experiencia en el mantenimiento y operación de redes subterráneas.

Pisos y Drenajes. Dependerá del nivel freático del suelo donde se construirán los pozos. En el Anexo 10 se puede apreciar de forma detallada los Pozos.

- *Tapas.* Para facilitar la apertura de las tapas de hormigón su contorno tendrá un biselado de 110° al igual que el brocal metálico donde se asentará. Implementación de tapas de

grafito esferoidal (hierro dúctil) para mejorar la seguridad de las instalaciones y el ornato del sector. Revisar Anexo 11

- *Accesorios.* Para mejorar el ordenamiento de los conductores en el interior del pozo, se considerará colocar soportes para la sujeción de estos. Como protección contra el ingreso de agua y roedores se utilizará tapones en los ductos ubicados en los pozos. (MERNNR, 2013)

4.2.3.3. Cámaras eléctricas

4.2.3.3.1. Seguridad del personal.

Todo equipo a instalarse en cámaras eléctricas será de frente muerto.

- *Dimensiones:* Se definen en base a los equipos a instalarse y distancias de seguridad.
- *Ventilación:* Para cumplir con la disipación de calor producidas por pérdidas en el transformador se debe disponer sistemas de ventilación natural o forzado.
- *Accesos:* Dimensionamiento para facilitar el ingreso de personal y de equipos tanto en cámaras a nivel como en cámaras subterráneas, cumpliendo con normas establecidas.
- *Materiales:* Los materiales de construcción para las cámaras a nivel y subterráneas deben ser resistentes al fuego por un lapso de tiempo mínimo de 3 horas.
- *Sistema de evacuación de agua:* Se debe disponer de un sistema de bombeo para evitar posibles inundaciones al interior de las cámaras eléctricas subterráneas.
- *Canales:* Separación de conductores de medio y bajo voltaje mediante rejillas metálicas en el interior de los canales.
- *La cámara eléctrica se define sobre la base del nivel de ubicación en el terreno.*
Subterránea: Cámara que está construida bajo el nivel del piso y su ingreso será por la parte superior de la misma. El Anexo 14 indica el detalle de la Cámara Subterránea.
A Nivel: Cámara que está construida sobre el nivel de piso y su ingreso será por una de sus partes laterales. (MERNNR, 2013)

4.2.4. Obra Eléctrica.

Los requerimientos mínimos a efectuar en la obra eléctrica están instaurados en el *MANUAL DE CONSTRUCCIÓN PARA EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE REDES SUBTERRÁNEAS*.

4.2.5. Equipos y Accesorios.

Se presenta los equipos a instalar a lo largo de la red de distribución eléctrica subterránea; sean estos equipos o accesorios de maniobra, protección, derivación, etc., efectuando las exigencias de diseño requeridos en el manual de construcción, asimismo sus características constructivas cumplan las exigencias establecidas en la sección 3 de la HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP) Y UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN (UC) EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE REDES SUBTERRÁNEAS.

Los equipos y accesorios a instalarse, así como sus pertinentes requerimientos se los puede observar en la sección 4.1.6 del presente proyecto.

4.2.6. Sistema de Puesta a Tierra

Las partes metálicas de la cámara eléctrica que no transporten corriente se conectarán a tierra en las condiciones y en la forma prevista en la sección 250 de la norma NEC.

La malla de puesta a tierra se debe construir antes de fundir el piso destinado a la cámara. Esta será construida con cable desnudo de cobre suave #2/0 AWG. Se deberán utilizar soldadura exotérmica. A la malla de tierra se deberán instalar varilla de acero recubierta de cobre de 2,40 m por 5/8" de diámetro. El número de varillas dependerá de la resistividad del terreno y de la resistencia de la malla a tierra.

En el punto de conexión del conductor de puesta a tierra a la malla se deben dejar cajas de inspección o pozos de inspección de libre acceso, donde se pueda medir, revisar y mantener la resistencia de la malla.

Esta caja o pozo de inspección será un cuadrado o un círculo de mínimo 30 cm de lado o 30 cm de diámetro, esto se construirá donde el nivel freático lo permita.

Si la cámara está construida sobre un piso alto, debe existir una malla o anillo perimetral que garantice una superficie equipotencial, instalando las varillas fuera del local, en un sitio donde se garantice una buena puesta a tierra, conectando la malla y las varillas mediante conductor de puesta a tierra a través de ducto independiente.

Los elementos que se deben conectar a tierra en una cámara son los siguientes:

- La pantalla metálica de los cables de MT.
- Los herrajes de soporte de los cables.
- Las celdas e interruptores de MT.
- El tanque y neutro del transformador.
- Los tableros de BT.
- Equipos de medición.
- Puertas metálicas
- Ventanas
- Rejillas
- Escaleras (MERNNR, 2013)

4.2.6.1. Barra equipotencial para cámara subterránea.

La barra equipotencial es el área donde terminan todas las conexiones a tierra provenientes de los equipos, guías, etc. Físicamente es una barra de cobre con huecos que permiten soportar conexiones del tipo doble ojo. Ver figura 19.

Esta barra debe ubicarse lo más cerca posible a la ventana de acceso de manera que permita la conexión de las líneas de transmisión que se encuentren en la parte superior de la misma. Esta barra estará conectada a un punto de tierra del anillo exterior con un conductor # 2 AWG o mayor de cobre que posea una chaqueta de color verde, además de ir por una tubería PVC, con pintura de revestimiento color verde.

Esta barra debe estar aislada mediante accesorios que no permitan que exista continuidad eléctrica entre ella y su soporte. El largo de la barra varía en función del número de conexiones que se estiman realizar y posibles expansiones. (Rojas)

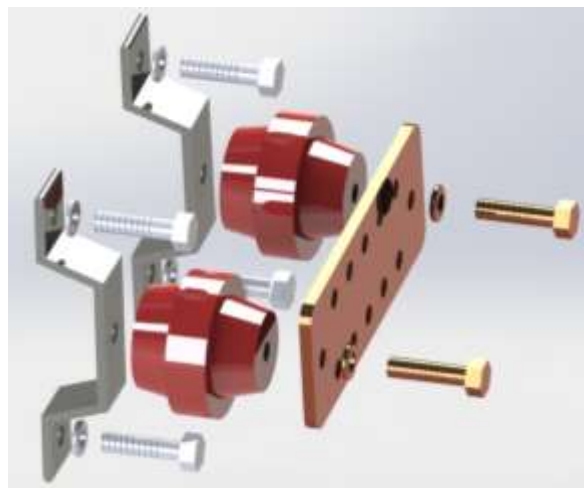


Figura 19. Barra equipotencial para puesta a tierra.

Fuente: (Prócel, 2017)

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. MATERIALES

- Material referencial y bibliográfico.
- Datos estadísticos y de campo.
- Normas y metodologías de diseño:
 - Homologación de las UP y UC en sistemas de distribución de energía eléctrica de redes subterráneas, MEER.
 - Normas para sistemas de distribución, guía de diseño para redes de distribución EEQSA.
 - Normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales, EERSSA.
 - Reglamento Técnico Ecuatoriano, RTE 069 “Alumbrado Público”, INEN.
 - Regulación 008/11, CONELEC.
 - CIE 140-2000 “Cálculos de iluminación de vías”, CIE.
 - Norma Ecuatoriana de Construcción, capítulo 15: Instalaciones Electromecánicas, NEC.
 - IEEE 80 std – 2000, Sistemas de puesta a tierra, UNAL.
- Software de cálculo y diseño
 - AutoCAD ®
 - ArcGIS ®
 - Microsoft Excel ®
 - Dialux ®

5.2. MÉTODOS

El diseño del soterramiento de las redes de distribución eléctrica y alumbrado público, se intervino a una parte de la zona céntrica de la ciudad de Zamora, comprendida desde las calles Sevilla de Oro seguido de la calle Diego de Vaca, Av. Alonso de Mercadillo y terminando en la Av. Héroes de Paquisha da aproximadamente un área total de 367054 m², para mayor ilustración se refiere la figura 18.

Al iniciar el proyecto se lo realiza mediante el diseño del sistema de alumbrado público, haciendo uso de las normas regulatorias CIE utilizadas para este propósito, para esta etapa se hace uso de los datos (matriz de intensidades) de una luminaria led en específico para alumbrado público, por las ventajas técnicas y lumínicas que tiene en comparación con las luminarias existentes en la zona. Los cálculos de los puntos lumínicos establecidos sobre la vía son obtenidos a través del software Dialux ®. Los valores obtenidos serán comparados con los requisitos exigidos en el RTE 069 para este tipo de vía.

A continuación, se procede a la recolección de datos de los usuarios beneficiados para efectuar el dimensionamiento de los transformadores de distribución, teniendo presente las zonas de alimentación eléctrica del área identificada.

Haciendo uso de la normativa de la EERSSA y CENTROSUR, se realiza los cálculos de demanda máxima diversificada (DMD) para clientes residenciales, dependiendo del tipo de estrato social al que pertenecen, este estrato está relacionado con la energía consumida mensualmente; y demanda máxima unitaria (DMU) para clientes comerciales e industriales (DMU considerándose cargas puntuales). Este dimensionamiento será efectuado en base a la tasa de crecimiento de la demanda.

Al equipo dimensionado se le atribuye la carga de las respectivas luminarias, y se establece la potencia del transformador a instalar, estos transformadores estarán situados en

cámaras subterráneas. Para los usuarios con transformadores privados instalados en los postes se designa el uso de un transformador tipo pedestal de la misma potencia.

Haciendo uso de las normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales de la EERSSA, se diseña el trazado del tendido eléctrico de medio y bajo voltaje, alumbrado público y acometidas mediante el cálculo de caída de tensión, dimensionando los equipos y materiales.

A continuación, se realiza el diseño y dimensionamiento de la obra civil, considerando lo establecido en el MANUAL DE CONSTRUCCIÓN del MEER; la estructura de la cámara eléctrica subterránea, con su respectivo dimensionamiento del sistema de ventilación, drenaje, circuitos de fuerza e iluminación interna. Los pozos y zanjas son diseñados de acuerdo al circuito eléctrico de media, baja tensión y alumbrado público en el que serán instalados.

Una vez establecido la ubicación de los pozos, se realiza el dimensionamiento de los equipos de seccionamiento y protección eléctricos, estableciendo finalmente la ubicación de las derivaciones de las líneas eléctricas, en especial las de media tensión.

El diseño del sistema de puesta a tierra se efectuó considerando las recomendaciones establecidas en la norma IEEE 80, para cabinas de transformación eléctrica, zonas de derivación de líneas de medio y bajo voltaje, luminarias de alumbrado público y transiciones.

En la etapa final, se realiza el análisis de costos de la obra mediante la metodología de análisis de precios unitarios, tomando en consideración el costo de mano de obra y equipos para la ejecución de la obra, así también el costo por desmontaje de equipos y elementos existentes en la zona del proyecto, se efectuó el análisis de costos del proyecto.

En la figura 20 se presenta un flujograma del proceso de cálculo que se utilizó para dimensionar y diseñar el presente proyecto.

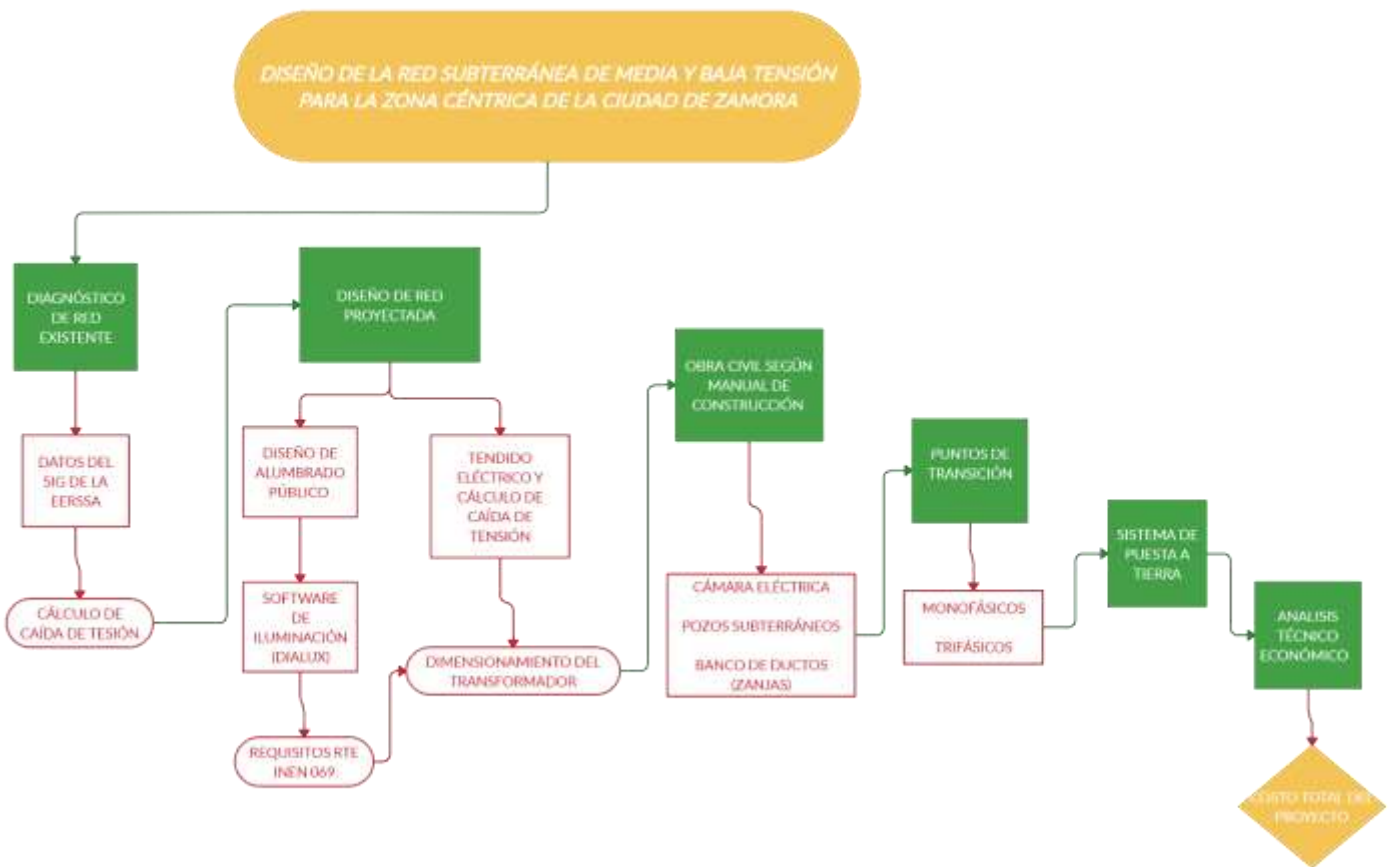


Figura 20. Flujograma del proceso desarrollado para la elaboración del presente proyecto.

Fuente: Autora

6. RESULTADOS

6.1. Descripción de la red existente

6.1.1. Red de Media Tensión.

Se realizó un levantamiento de la zona de estudio basándose en el SIG de la EERSSA, constatando que la red actual presenta desperfectos como caídas de tensión fuera del rango permitido y establecido según EERSSA, lo que se puede observar en la figura 21. El diseño de la red actual en AutoCAD, está disponible en el Anexo 1.



Figura 21. Detalle de la red aérea existente

Fuente: Autora

6.1.2. Red de Baja Tensión.

Las redes de baja tensión 240/120 voltios son alimentadas desde los transformadores monofásicos ubicados a lo largo de las calles del área de estudio, con acometidas hacia los domicilios y locales comerciales que se confunden con las redes de conectividad.

Las redes de baja tensión están construidas con cables desnudos de aluminio y cables pre ensamblados.

Se puede determinar que en la localidad de Zamora no se puede observar a simple vista las redes de distribución eléctrica y los circuitos de infraestructura de telecomunicaciones, los que provocan una contaminación visual.

Tanto para el dimensionamiento como para el diseño actual y proyectado de las redes eléctricas respecto al cálculo de las caídas de tensión, se hizo uso de la hoja de cálculo de redes de distribución versión septiembre 2017 de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. (CENTROSUR).

En la tabla 29 se muestra el cálculo de caída de tensión del Transformador T21 con número 19263, mismo que se encuentra en las calles Manuelita Cañizares y Francisco de Orellana, abasteciendo de servicio eléctrico a 70 abonados. Su forma completa se aprecia en el Anexo 2.

Tabla 29

Detalle de la caída de tensión de BT

| La DMU actual NO considera el uso de Cocinas de Inducción | | | | | | | | | | El transformador está en el nodo: | | | P70 |
|---|-----|---------|----------|---------|-------|----------|-----------|--------|---------|-----------------------------------|-------|-------------|-----|
| | | | | | | | | | | N° de clientes en el nodo P70: | | 10 | |
| TRAMO | | Longit. | N° | Al.Púb. | CARGA | | CONDUCTOR | | kVA x m | CAIDA DE VOLTAJE | | | |
| Inicio | Fin | [m] | Clnt es. | [W] | [kVA] | N° fases | AWG | F.D.V. | | PARCIAL | ACUM. | MAXIMOS | |
| P70 | P69 | 41.63 | 35 | 500 | 29.19 | 2F3C | 2 Al. | 320 | 1215 | 3.80 | 3.80 | 3.80 | |
| P69 | A | 123.18 | 2 | 0 | 3.36 | 2F3C | 2x4 Tren. | 229 | 414 | 1.81 | 5.61 | 5.61 | |
| P69 | P68 | 38.81 | 17 | 250 | 15.82 | 2F3C | 2 Al. | 320 | 614 | 1.92 | 5.72 | 5.72 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| P70 | P71 | 48.1 | 25 | 500 | 22.07 | 2F3C | 2 Al. | 320 | 1062 | 3.32 | 3.32 | 3.32 | |
| P71 | P72 | 41.97 | 17 | 250 | 15.82 | 2F3C | 2 Al. | 320 | 664 | 2.08 | 5.40 | 5.40 | |

Fuente: Autora

6.1.3. Alumbrado Público

Dentro del conjunto de las distintas calles que forman el área de estudio encontramos varias redes de alumbrado público con distintas configuraciones. Las luminarias instaladas son de diferentes tipos y potencia que varían desde 70 W a 400 W de vapor de sodio, ubicadas en

postes de hormigón y metálicos que desentonan con la estética del entorno, en la tabla 23 se observa las luminarias en detalle.

6.2. Diseño de la red eléctrica de media tensión.

Se proyecta una red de MT para alimentar a cada uno de los transformadores dentro del área de estudio, con conductor de cobre tipo XLPE para 25 kV color rojo calibre 2 AWG para la fase y cable de cobre desnudo calibre 2 AWG para el neutro, configuración 3x2(2) a 12.7 kV.

El tendido de la red subterránea deberá cumplir con todos los reglamentos descritos en la Homologación de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.

La red tiene el siguiente recorrido, como se puede observar en la tabla 30, además en el Anexo 3 se encuentra su detalle. En el Anexo 4 se encuentra el detalle de la caída de tensión de la red eléctrica de MT.

Tabla 30

Detalle del Trazado de media tensión

| Calles | Pozos | Cámaras |
|-------------------------------|--|----------------|
| Av. Héroes de Paquisha | PZ1,PZ2,PZ3,PZ4,PZ5,PZ20,PZ28,PZ29,PZ30, PZ35,PZ36,PZ37,PZ61,PZ60,PZ59,PZ58,PZ128 ,PZ127,PZ126,PZ121,PZ112,PZ96,PZ95,PZ94,P Z93 | C1,C7,C8 |
| Manuelita Cañizares | PZ112,PZ113,PZ114,PZ88,PZ87,PZ86,PZ85,PZ 84,PZ80 | C8,C6 |
| Av. del Maestro | PZ58,PZ57,PZ55,PZ68,PZ67,PZ222,PZ221 | C5,C14 |
| Capitán Yooch | PZ55 | C4 |

| | | |
|-------------------------|---|------------|
| Diego de Vaca | PZ35,PZ34,PZ33,PZ44,PZ32,PZ48,PZ45,PZ46, PZ142,PZ141,PZ147,PZ164,PZ163,PZ157,PZ16 7,PZ168,PZ171,PZ174,PZ195,PZ194,PZ183,PZ 176,PZ177,PZ178,PZ179 | C3,C11,C12 |
| Sevilla de Oro | PZ28,PZ27,PZ26,PZ23,PZ155,PZ154 | C2,C10 |
| José Luis Tamayo | PZ174,PZ175,PZ200 | C13 |
| Pio Jaramillo | PZ157,PZ156,PZ155,PZ80,PZ81,PZ69,PZ68,PZ 222 | |
| Alvarado | | |

Fuente: Autora

6.2.1. Transición Aérea Subterránea de MT

Las transiciones aéreas-subterráneas de los ramales de MT partirán desde el poste #27368 de 12m de altura por una bajante en tubería EMT de 4", que contará con todos sus accesorios como son; tubos, codos reversibles, codos de 90° y uniones, hasta el pozo de revisión de arranque y de éste recorrerá el sistema de ductería y de pozos de revisión construido para el caso.

La transición de cada ramal dispondrá de un seccionador fusible tipo abierto de 15 kV/27 kV, 100 A, 125 kV de BIL con tirafusible tipo K de 20 A al lado de media tensión y de un pararrayo de caucho polímero de óxido de zinc para protección contra posibles sobretensiones.

La conexión del cable XLPE de 25 kV con el seccionador se realizará por medio de puntas terminales para exterior de 25 kV, con terminales tipo americanos del calibre del cable XLPE. Adicionalmente el cable XLPE de 25 kV se sostendrá en soportes para dicho cable montados en crucetas metálicas.

El trazado de la red de media tensión parte de la transición aérea subterránea desde la Avenida Héroes de Paquisha para finalizar en la Avenida Alonso de Mercadillo. En el Anexo 8 se encuentra el detalle de la transición.

Tabla 31

Detalle de Transición

| | | |
|--|-------|-------|
| | | |
| | 18700 | 27368 |
| | 16961 | 27173 |

Fuente: Autora

6.2.2. Transición Subterránea Aérea de M.T.

Las transiciones subterránea-aérea que alimentarán a cada transformador serán dentro de bajantes en tubería EMT de 2”, que contará con todos sus accesorios como son; tubos, codos reversibles, codos de 90° y uniones.

La conexión del cable XLPE de 25 kV al bushing del transformador se realizará por medio de puntas terminales para exterior de 25 kV invertidas, con terminales tipo espiga del calibre del cable XLPE. Adicionalmente el cable XLPE de 25 kV se sostendrá en soportes para dicho cable montados en crucetas metálicas.

6.2.3. Cámaras Eléctricas de Transformación

Se mantendrán en uso los transformadores privados actualmente existentes. La alimentación a dichos suministros se realizará en media tensión. Para dar servicio a la red de bajo voltaje se utilizarán transformadores convencionales sumergibles colocados en cámaras subterráneas.

Se realizó el cálculo para el dimensionamiento de los transformadores como se indica a continuación, en base a las luminarias a instalarse y los usuarios existentes; además se consideró el uso de cocinas de inducción. Su detalle en el Anexo 9.

Las demandas máximas unitarias proyectadas se han considerado tomando como base el área promedio de los lotes para el sector urbano y rural, como se indica en la tabla 27 se tiene un cliente tipo C, con una DMUa a 10 años de 1.33 kVA.

La proyección de la demanda se la realizo para 40 años. Para proyectar la demanda máxima unitaria se utiliza la siguiente fórmula de proyección geométrica. La proyección geométrica asume un porcentaje de cambio constante por unidad de tiempo. Ecuación 1:

$$DMU_p = DMUa(1 + i)^n$$

$$DMU_p = 1.33(1 + 0.029)^{40} = 4.17$$

Tabla 32

Demanda Máxima Unitaria

| TIPO CLIENTE | DMUa [kVA] | n | I | DMUp [kVA] |
|---------------------|-----------------------------|----------|----------|-----------------------------|
| C | 1.33 | 40 | 0.029 | 4.17 |

Fuente: Autora

La demanda máxima proyectada para un punto dado se calcula mediante la Ecuación 2 y

Ecuación 3:

$$DMP = DMU_p * N * FC \quad (2)$$

$$FC = N^{-0,0944} \quad (3)$$

$$DMP = 4.17 * 24 * 0.74$$

$$FC = 24^{-0,0944}$$

$$DMP = 4.17 * 24 * 0.74$$

$$FC = 0.74$$

$$DMP = 74.14 \text{ kVA}$$

Tabla 33

Demanda Máxima Proyectada.

| CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | DMUp [kVA] | N | FC | DMP [kVA] |
|-----------------------------|---------------|---|----|--------------|
|-----------------------------|---------------|---|----|--------------|

| | | | | |
|-------|------|-----|------|--------|
| CT-1 | 4.17 | 24 | 0.74 | 74.14 |
| CT-2 | 4.17 | 75 | 0.67 | 208.06 |
| CT-3 | 4.17 | 90 | 0.65 | 245.41 |
| CT-4 | 4.17 | 38 | 0.71 | 112.41 |
| CT-5 | 4.17 | 71 | 0.67 | 197.99 |
| CT-6 | 4.17 | 40 | 0.71 | 117.75 |
| CT-7 | 4.17 | 40 | 0.71 | 117.75 |
| CT-8 | 4.17 | 106 | 0.64 | 284.61 |
| CT-9 | 4.17 | 88 | 0.66 | 240.47 |
| CT-10 | 4.17 | 62 | 0.68 | 175.12 |
| CT-11 | 4.17 | 99 | 0.65 | 267.54 |
| CT-12 | 4.17 | 118 | 0.64 | 313.64 |
| CT-13 | 4.17 | 99 | 0.65 | 267.54 |
| CT-14 | 4.17 | 86 | 0.66 | 235.51 |

Fuente: Autora

$$DMD = DMP + AP + Ce$$

$$AP = L * CAP$$

$$AP = 14 * 139 W$$

$$AP = 2.40 kVA$$

Tabla 34

Capacidad de Centro de Transformación.

| CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | DMP [kVA] | AP | CE Cocinas | DMD FINAL | CAPACIDAD DE TRAF0 [kVA] | RESERVA [kVA] |
|--------------------------|-----------|------|------------|-----------|--------------------------|---------------|
| CT-1 | 74.14 | 2.40 | 9.96 | 69.20 | 100 | 30.80 |
| CT-2 | 208.06 | 1.26 | 9.96 | 175.42 | 200 | 24.58 |
| CT-3 | 245.41 | 1.91 | 9.96 | 205.83 | 250 | 44.17 |
| CT-4 | 112.41 | 1.26 | 9.96 | 98.90 | 150 | 51.10 |
| CT-5 | 197.99 | 1.58 | 9.96 | 167.62 | 200 | 32.38 |
| CT-6 | 117.75 | 0.93 | 9.96 | 102.91 | 150 | 47.09 |
| CT-7 | 117.75 | 1.09 | 9.96 | 103.04 | 150 | 46.96 |
| CT-8 | 284.61 | 4.53 | 9.96 | 239.28 | 250 | 10.72 |
| CT-9 | 240.47 | 1.26 | 9.96 | 201.35 | 250 | 48.65 |
| CT-10 | 175.12 | 1.26 | 9.96 | 149.07 | 200 | 50.93 |
| CT-11 | 267.54 | 1.42 | 9.96 | 223.13 | 250 | 26.87 |
| CT-12 | 313.64 | 3.71 | 9.96 | 261.85 | 300 | 38.15 |
| CT-13 | 267.54 | 1.42 | 9.96 | 223.13 | 250 | 26.87 |
| CT-14 | 235.51 | 2.56 | 9.96 | 198.43 | 250 | 51.57 |

Fuente: Autora

Determinada la demanda de diseño se obtiene la capacidad mínima del centro de transformación, tomando en cuenta una reserva ante eventuales aumentos de carga.

6.2.3.1. Circuito interno de luminarias

El diseño interno de luminarias se efectuó con el software Dialux ®, obteniendo un valor que supera el nivel medio de 270 lux. Según Norma NEC 924-5.

El valor medio de iluminancia en el suelo es de 426 lux, es decir se cumple con los requerimientos técnicos exigidos en el manual de construcción del MERNNR, en el Anexo 15 se detalla el informe lumínico obtenido.

En la figura 22 se observa la iluminación interior de la cámara la misma que tiene seis luminarias modelo SCHREDER FV32 LED 2 / 5103 / 96 LEDs 200mA / 61W. El sistema de iluminación estará protegido por un interruptor automático termo magnético que estará instalado en el tablero o panel de distribución.

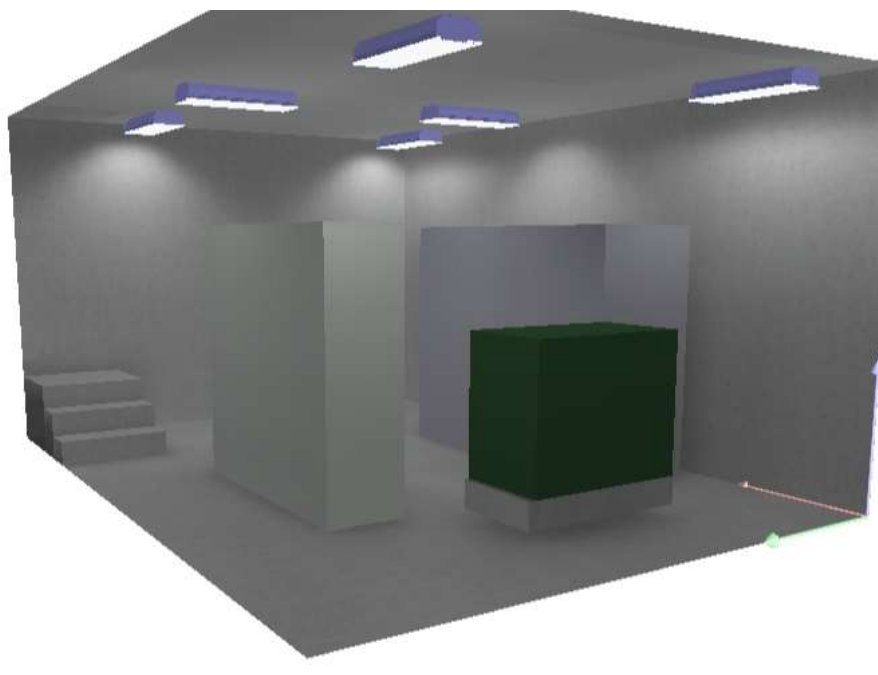


Figura 22. Iluminación de cámara subterránea

Fuente: Autora

6.2.3.2. Circuito interno de tomacorrientes.

El circuito fue diseñado para tomacorrientes monofásicos y trifásicos (tomas especiales), en las tomas especiales irán conectados los equipos de ventilación y drenaje, los extractores de aire y la bomba sumergible respectivamente, cada uno de ellos partiendo de un interruptor termo magnético desde el tablero de distribución.

Tanto el sistema de ventilación como el de drenaje estará conectado a un sistema de control propio de cada uno, cada circuito será comandado por un tablero de control para su posterior automatización.

Al circuito de tomacorrientes monofásico, irá conectado dos lámparas de emergencia. El detalle de la obra eléctrica interna de la cámara de distribución se presenta en el Anexo 16.

6.2.3.3. Celdas modulares de Media Tensión aisladas en SF6

Para los sistemas de operación, seccionamiento y protección del presente proyecto en la red de MT subterránea se hará el uso de celdas modulares con aislamiento en SF6 y tecnología de corte del arco en vacío o SF6.

Las celdas modulares utilizadas para el diseño del presente proyecto son equipos pertenecientes a la empresa ABB.

Para el seccionamiento y/o interconexión de las líneas primarias de distribución, dentro de las cámara de transformación subterránea, se utilizarán celdas modulares con la funcionalidad de seccionadores con operación bajo carga de 630 A para las derivaciones (C, según el catálogo ABB) y para los transformadores de las cámaras eléctricas y derivaciones hacia transformadores privados, se utilizan celdas modulares con la funcionalidad de Interruptores de falla, de 200 A (V, según el catálogo ABB).

En la tabla 35, se indica las características principales de celdas modulares de MT, que serán utilizadas en el presente proyecto, obtenidas del catálogo ABB, indicando los dos tipos:

celdas tipo C, equipo con operación bajo carga, y celdas tipo V, equipo con interruptores de falla.

Tabla 35.

Características de celda modulares de MT aisladas en SF6.

| CELDAS MODULARES DE MEDIA TENSIÓN | | | | |
|--|----|----|-------------------------------|----------------|
| Características principales | | | Tipo | |
| | | | Celda C | Celda V |
| Número de fases: | | | 3 | 3 |
| Neutro: | | | Sólidamente aterrizado | |
| Clase: | | | Interior, aislamiento con SF6 | |
| Tensión Nominal | Ur | kV | 15 | 15 |
| Frecuencia | fr | Hz | 60 | 60 |
| Tensión Impulso tipo Rayo | Up | kV | 95 | 95 |
| Corriente nominal | Ir | A | 630 | 200 |
| Corriente de cortocircuito | Ik | kA | 21 | 21 |
| Poder de cierre | Ip | kA | 52.5 | 52.5 |
| Tiempo de falla | tk | s | 1 | 1 |

Fuente: Catálogo ABB, celdas modulares aisladas en SF6. (Prócel, 2017)

6.2.9.2. Seccionamiento de conductores de Media Tensión.

El barraje desconectable, accesorio indicado en la sección 4.1.6.2 del presente documento, se utilizará para el seccionamiento de líneas de media tensión, este se instalará únicamente en los pozos tipo E de este proyecto; el conjunto de instrumentos que junto a éste cumplen la función de seccionamiento de líneas de MT se aprecia en la figura 25.

Los accesorios enumerados en la figura 25 son: 1 (Barraje desconectable), 2 (Boquilla tipo pozo), 3 (Boquilla tipo inserto), 4 (Codo conector desconectable) y 5 (Codo portafusible).

En las derivaciones o seccionamiento de las presentes líneas se hará uso de un equipo (figura 23) por cada línea de derivación.

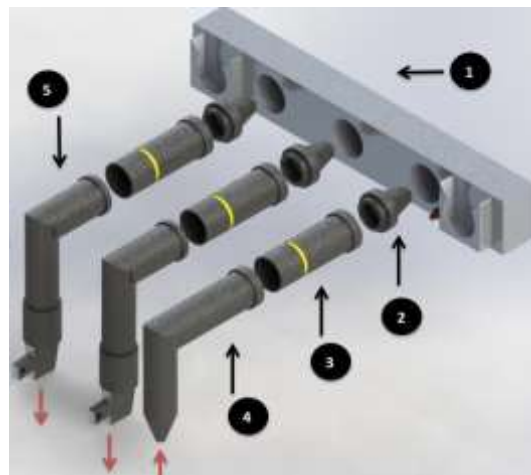


Figura 23. Instrumentos para el seccionamiento de líneas de media tensión.

Fuente: Autora

6.3. Diseño de la red eléctrica de baja tensión.

6.3.1. Caída de tensión

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica han adaptado a sus guías técnicas, hojas de cálculo para encontrar un valor muy cercano a la caída de tensión real en la red, que depende principalmente de la demanda diversificada (DMD) del grupo de usuarios que están en estudio, los principales valores o datos considerados para este cómputo son: la distancia del tramo de alimentación, la demanda diversificada para un número de consumidores y el factor de caída de tensión que depende principalmente del calibre del conductor seleccionado.

Los cálculos de caída de tensión, se presentan en las respectivas hojas de cálculo como lo indica la tabla 36, en el Anexo 5 se presenta el detalle.

Tabla 36

Detalle de la caída de tensión subterránea de BT

| La DMU Proyectada SI considera el uso de Cocinas de Inducción | | | | | | | | | | | | |
|---|------|---------|----------|---------|-------|-------------|-----------|--------|------------|--|-------|-------------|
| | | | | | | | | | | El transformador está en el nodo: N° de clientes en el nodo T1: 0 | | |
| TRAMO | | Longit. | N° | Al.Púb. | CARGA | | CONDUCTOR | | kVA x m | CAIDA DE VOLTAJE | | |
| Inicio | Fin | [m] | Clientes | [W] | [kVA] | N° fases | AWG | F.D.V. | | PARCIAL | ACUM. | MAXIMOS |
| T1 | PZ2 | 16 | 15 | 139 | 34.38 | 3F4C | 2 Cu. | 712 | 550 | 0.77 | 0.77 | 0.77 |
| PZ2 | PZ16 | 12 | 10 | 0 | 24.15 | 3F4C | 2 Cu. | 712 | 290 | 0.41 | 1.18 | 1.18 |
| PZ16 | PZ14 | 48 | 6 | 0 | 15.92 | 3F4C | 2 Cu. | 712 | 764 | 1.07 | 2.25 | 2.25 |
| PZ14 | PZ15 | 39 | 5 | 0 | 14.24 | 3F4C | 2 Cu. | 712 | 555 | 0.78 | 3.03 | 3.03 |

Fuente: Autora

Se optó por un calibre que no presente datos muy superiores a la caída de tensión actual que existe en la red aérea, considerando el proceso con el fin de que no exista algún tipo de caída de voltaje considerable, teniendo en cuenta un horizonte de 40 años para este dimensionamiento.

6.3.2. Transición de BT

Las transiciones aéreas-subterráneas de los alimentadores de BT partirán desde el secundario del respectivo transformador por una bajante en tubería EMT de 4", que contará con todos sus accesorios como son: tubos, codos reversibles, codos de 90° y uniones, hasta el respectivo pozo de revisión y de éste hasta el tablero principal de distribución.

6.3.3. Acometidas subterráneas

En el literal 4.1.6.7 se enumera los requerimientos del manual de construcción para la instalación de acometidas domiciliarias.

En caso de que salga más de una acometida domiciliaria de un pozo, se colocará un barraje aislado de BT, el cual será alimentado desde la red principal.

Para la derivación desde el cable principal de BT hacia la barra aislada o al medidor (en caso de una acometida), se utilizarán empalmes de resina o gel con sus respectivos conectores

de compresión de cobre. En el Anexo 6 se detalla los requisitos exigidos en el manual de construcción.

6.3.4. Características técnicas de construcción.

6.3.4.1. Pozos de Revisión.

Los pozos pueden ser de paso, para cambios de dirección y para la derivación de acometidas y de alumbrado público, los cuales deberán cumplir con la Homologación de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.

En el presente proyecto se considera el uso de 3 tipos de pozos de revisión, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 37

Pozos de revisión utilizados en el proyecto.

| | Largo (m) | Ancho (m) | Profundidad (m) | Aplicación |
|--|-----------|-----------|-----------------|-------------------------------|
| | 1.20 | 1.20 | 1.20 | Para circuitos de MT, BT y AP |
| | 1.60 | 1.20 | 1.50 | Para circuitos de MT, BT y AP |
| | 2.50 | 2.00 | 2.00 | Para circuitos de MT, BT y AP |

Fuente: Autora

Los pozos serán construidos con paredes de hormigón de 210 kg/cm² (en calzada), o de mampostería de ladrillo o bloque de hormigón pesado, el espesor de la pared será como mínimo de 12 cm, las paredes interiores serán enlucidas con mortero 1:3 y alisadas con cemento, las bases de los pozos tendrán una capa de material filtrante, ripio, de 10 cm de alto.

Los tubos dentro de los pozos de revisión deberán taponarse con tapas o tapones ciegos de PVC del mismo diámetro de los tubos a taponar. Anexo 10

6.3.4.2. Tapa de Pozos.

Las tapas de los pozos serán de hormigón con una resistencia de 210 kg/cm², de 70 mm de espesor cuando el pozo se construya en la vereda y de 150 mm cuando el pozo se construya en la calzada, con armadura de varilla de 12 mm cada 100 mm en ambas direcciones, tendrán un marco y un brocal metálico construido de pletina de acero de espesor de 4 mm y 50 mm de base por 75 mm de alto con una abertura de 110 grados, tanto para el brocal como para el marco de la tapa.

El marco y el brocal deberán tener un recubrimiento de pintura anticorrosiva. Con el fin de que el brocal se empotre correctamente se dispondrá de anclajes que irán embebidos al contorno del pozo.

Las dimensiones de la tapa serán las siguientes:

Tabla 38

Dimensiones de las tapas de pozos

| | Cantidad Tapas | Medida Interior | Medida Exterior |
|--|-----------------------|------------------------|------------------------|
| | 1 | 130 cm x 130 cm | 135 cm x 135 cm |
| | 1 | 160 cm x 130 cm | 165 cm x 135 cm |
| | 1 | 250 cm x 210 cm | 255 cm x 215 cm |

Fuente: Autora

6.3.4.3. Soporte Metálico Para Cables

Los cables dentro de los pozos deben quedar fácilmente accesibles y soportados de forma que no sufran daño debido a su propia masa, curvaturas o movimientos durante su operación; para ello los pozos dispondrán de soportes metálicos para cables de acero galvanizado o fibra de vidrio, para sujetar y ordenar los conductores que se encuentran dentro de éste.

Deben estar diseñados para resistir la masa de los propios cables y de cargas dinámicas, para mantenerlos separados en claros específicos, deben quedar soportados cuando menos 10 cm arriba del piso para estar adecuadamente protegidos y su ubicación debe permitir el movimiento del cable sin que exista concentración de esfuerzos destructivos.

6.3.4.4. Banco de Ductos

Los bancos de ductos se utilizan para transportar los conductores de las redes de media y baja tensión y de los circuitos de alumbrado público; y para interconectar los respectivos pozos de revisión.

En el presente proyecto se planifica la construcción de 4 tipos de bancos de ductos, los mismos que se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 39

Configuración de ductos de acuerdo al tipo de zanjas.

| ZANJA | | CONFIGURACIÓN DE DUCTOS | |
|-------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| <i>Tipo</i> | <i>Lugar de montaje</i> | <i>MT y BT</i> | <i>Alumbrado público</i> |
| 1 | En acera | 1x2 | 1x2 |
| | En calzada | | |
| 2 | En acera | 2x3 | 1x3 |
| | En calzada | | |
| 3 | En acera | 2x3* | 1x3 |
| | En calzada | | |
| 4 | En acera | 3x4 | 1x4 |
| | En calzada | | |

*** Configuración detallada en el plano**

Fuente: Autora

Los fondos de la zanja de los bancos de ductos tendrán un terminado uniforme sobre el cual se colocará una cama de arena o ripio de 5 cm dependiendo si el material de relleno del banco de ductos es arena u hormigón con resistencia mínima de 140 kg/cm², respectivamente,

consiguiendo un piso regular y uniforme, de tal manera que al colocar la primera fila de ductos se apoye en toda su longitud.

Cuando el material de relleno del banco de ducto sea arena, luego de colocar la primera fila de ductos se colocará el separador de tubería seguido de una capa de arena de 5 cm y así sucesivamente hasta completar el número de ductos requeridos. La última capa de arena será de 10 cm de altura sobre el último ducto.

Cuando el material de relleno del banco de ductos sea hormigón, luego de colocar la primera fila de ductos se colocará el separador de tubería, seguido de una capa de hormigón de 5 cm y así sucesivamente hasta completar el número de ductos requeridos, y finalmente se deberá rellenar todo de hormigón hasta una altura de 10 cm por encima de la última fila de ductos.

En ambos casos, después de la capa de 10 cm sobre el último ducto irá una capa de 20 cm de material de relleno (libre de piedra) compactado manualmente, la siguiente capa de 10 cm será compactada en forma mecánica, luego de esto se colocará una capa de 10 cm de sub base compactada (arena o ripio) que dependerá del material de terminado de la acera si es adoquín u hormigón, respectivamente.

Los detalles y más especificaciones del banco de ductos se detallan en el respectivo Anexo 12.

En el Anexo 14 se encuentra el modelado de la cámara subterránea siguiendo especificaciones del MERNNR

6.3.4.5. Sistema de Puesta a Tierra

Los transformadores deberán contar con puesta a tierra, la que brindará seguridad a las personas y/o a las instalaciones eléctricas contra posibles sobre voltajes y/o sobrecorrientes, para lo cual se deberá contar con una o dos varillas copperweld de 16 mm de diámetro por 1.8 de longitud, según sea el caso, con conductor de cobre desnudo calibre 2 AWG.

Adicionalmente la malla de hierro que constituye el refuerzo estructural de la base pedestal de concreto, también se deberá unir a la puesta a tierra del transformador, cuyo conector deberá ser de un material tal que evite la corrosión y el par galvánico en la unión entre el hierro y el cobre.

El borne neutro del transformador también se conectará a la puesta a tierra con conductor de cobre desnudo del mismo calibre del conductor del neutro, el tanque del transformador y todas las partes metálicas que no transporten corriente y estén descubiertas también se conectarán sólidamente a la puesta a tierra.

La unión entre el conductor de cobre desnudo y la varilla se realizará mediante soldadura cadweld. El sistema de puesta a tierra deberá proveer de protección a los equipos instalados, por tanto, la resistividad deberá ser menor a 25 Ohm.

En los pozos de media tensión se utilizará cable 10 AWG para aterrizar los codos desconectables o botas además de cable 2/0 AWG para el barraje.

6.4. Diseño del sistema de iluminación

El cálculo de los requisitos mínimos de la vía, se determina con la clase de iluminación de acuerdo a los parámetros de la tabla 13, revisada anteriormente. Para la determinación de la clase M, se usó la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación, Alumbrado Público, bajo la norma CIE.

De acuerdo a esta guía se tiene un valor de ME4b en la calzada y en aceras un tipo S4; los requisitos mínimos de iluminación se encuentran en la tabla 16, detallada antes.

Además, se estableció los datos mínimos a cumplir en el diseño de alumbrado público, para lo cual es necesario conocer la disposición, ubicación, altura e interdistancias a las que estarán dispuestas las luminarias.

Para la altura de montaje de la luminaria se consideró el tipo de vía (ME4b) y según la tabla 17, están entre los 7 y 9 metros, asimismo se elevó la altura de las luminarias con el fin de cumplir los requisitos fotométricos.

Las vías cuentan con una disposición unilateral y en algunos casos de un ancho superior al estándar, por tanto, se debió sortear la altura de las luminarias para que cumplan los parámetros fotométricos adecuados. Por diseño se considera un ángulo de 0° de la luminaria respecto al plano de la vía.

Otro dato importante para el cálculo de luminarias es el tipo de pavimento que posee la vía, en la tabla 19 se observa las diferentes clases de pavimento, para la zona de estudio corresponde el tipo R3, con un coeficiente de luminancia $Q_o = 0,07$.

En la figura 24 se muestra el montaje de las luminarias según el diseño propuesto, cumpliendo las interdistancias expuestas por el MERNNR. Se exceptúa las zonas ya soterradas en proyectos anteriores.

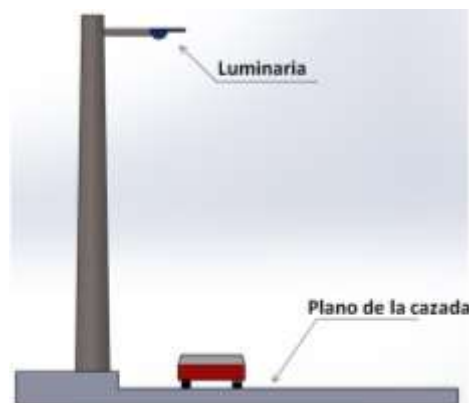


Figura 24. Inclinación de la luminaria respecto al plano de la calzada.

Fuente: (Prócel, 2017)

Así mismo en la figura 25 se puede observar el diseño completo de la ciudad con las respectivas luminarias y su potencial ubicación en escala real.

Para el respectivo diseño se empleó el software Dialux, mismo que cumple con los requisitos *CIE 140-2000* como lo estipula el Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 069 “ALUMBRADO PÚBLICO”, en el Anexo 7 se puede apreciar en detalle el diseño general.



Figura 25. Diseño de alumbrado público del centro urbano de la ciudad de Zamora.

Fuente: Autora

La tabla muestra el tipo de aislamiento, calibre y material de los conductores utilizados para el presente proyecto.

Tabla 40

Detalles del tipo de conductores que más entran en el proyecto.

| Aplicación | Material | Configuración | Calibre de conductor | Tipo de aislamiento |
|--------------------------|-------------|---------------|----------------------|---------------------|
| Media tensión | Cobre suave | 3F4C | 2/0 (1/0) | XLPE |
| Baja tensión | Cobre suave | 3F4C | 2 (2) | TTU |
| | | 3F4C | 1/0 (1/0) | TTU |
| | | 3F4C | 2/0 (1/0) | TTU |
| | | 3F4C | 3/0 (1/0) | TTU |
| Alumbrado público | Cobre suave | 2F3C | 6 (6) | TTU |

Fuente: Autora

Cabe recalcar que en el Anexo 3 se muestra el tendido eléctrico del presente proyecto tanto para media tensión, baja tensión, alumbrado público y acometidas.

6.5. Análisis técnico – económico

Para la obtención del costo total del proyecto se realizó el análisis de precios unitarios concerniente a los materiales que se requiere para el proyecto se encuentran en la tabla 41

Tabla 41

Precios Unitarios.

| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS | | | | | |
|--|--|---------------|-----------------|------------------------|--------------------|
| <i>Proyecto: DISEÑO DE LA RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN DE LA ZONA CÉNTRICA DE ZAMORA</i> | | | | | |
| TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS | | | | | |
| RUBRO | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | COSTO TOTAL |
| 1 | Transición Aérea - Subterránea 22000 V GDRY/12700 V - Para una fase en estructura centrada | U | 1.0 | 579.61 | 579.61 |
| 2 | Transición Aérea - Subterránea 22000 V GDRY/12700 V - Para tres fases en estructura centrada | U | 1.0 | 1130.92 | 1130.92 |
| 3 | Banco de ductos - Zanja 4 en Acera | ml | 300.0 | 108.87 | 32661.00 |
| 4 | Pozo tipo C | U | 151.0 | 209.18 | 31586.18 |
| 5 | Pozo tipo D2 | U | 77.0 | 273.14 | 21031.78 |
| 6 | Pozo tipo E | U | 9.0 | 767.63 | 6908.67 |
| 7 | Conductores de Media Tensión - Sistema Monofásico | ml | 50.0 | 34.44 | 1721.79 |
| 8 | Conductores de Media Tensión - Sistema Trifásico | m | 5014.0 | 34.44 | 172660.80 |

| | | | | | |
|----|--|---|--------|-----------|------------|
| 9 | Conductores de Baja Tensión trifásico - 2 | m | 2672.0 | 4.87 | 13012.64 |
| 10 | Conductores de Baja Tensión trifásico - 1/0 | m | 1719.0 | 7.02 | 12067.38 |
| 11 | Conductores de Baja Tensión trifásico - 2/0 | m | 905.0 | 11.59 | 10488.95 |
| 12 | Conductores de Baja Tensión trifásico - 3/0 | m | 524.0 | 14.02 | 7346.48 |
| 13 | Conductores de Alumbrado Público | m | 4989.0 | 5.49 | 27389.61 |
| 14 | Cámara eléctrica subterránea - Estructura física | U | 14.0 | 6954.67 | 97365.38 |
| 15 | Tapa para acceso de personal - Cámara | U | 14.0 | 315.66 | 4419.24 |
| 16 | Escalera telescópica - Cámara | U | 14.0 | 79.51 | 1113.14 |
| 17 | Losa móvil para acceso de equipos - Cámara | U | 14.0 | 139.27 | 1949.78 |
| 18 | Pozo para entrada/salida de aire - Cámara | U | 14.0 | 369.32 | 5170.48 |
| 19 | Pozo de entrada/salida de conductores - Cámara | U | 14.0 | 525.88 | 7362.32 |
| 20 | Canal para Alojamiento de Cables - Cámara | U | 14.0 | 838.11 | 11733.54 |
| 21 | Instalación eléctrica interna - Cámara | U | 14.0 | 1198.92 | 16784.88 |
| 22 | Sistema mecánico de ventilación - Cámara | U | 14.0 | 1279.07 | 17906.98 |
| 23 | Sistema de evacuación de agua (Drenaje) - Cámara | U | 14.0 | 197.86 | 2770.04 |
| 24 | Instalación eléctrica de equipos para C.T. | U | 1.0 | 140416.12 | 140416.12 |
| 25 | Instalación eléctrica de equipos para C.T. | U | 3.0 | 171469.72 | 514409.16 |
| 26 | Instalación eléctrica de equipos para C.T. | U | 6.0 | 209750.12 | 1258500.72 |
| 27 | Instalación eléctrica de equipos para C.T. | U | 3.0 | 151276.92 | 453830.76 |
| 28 | Instalación eléctrica de equipos para C.T. | U | 1.0 | 212569.72 | 212569.72 |

| | | | | | |
|--------------|--|---|--------|-------------------------|-------------|
| 29 | Barraje desconectable en Media tensión - para tres fases | U | 10.0 | 630.54 | 6305.40 |
| 30 | Poste metálico con base de anclaje + luminaria led y acometida AP | U | 157.0 | 1123.32 | 176361.24 |
| 31 | Kit de barrajes en BT (6 Unds) para conexión de acometidas | U | 189.0 | 281.04 | 53116.56 |
| 32 | Acometida en BT para cliente 'Residencial ' | U | 1022.0 | 239.95 | 245228.90 |
| 33 | Tablero de distribución en BT para C.T. | U | 14.0 | 4041.96 | 56587.44 |
| 34 | Puesta a tierra en C.T. subterráneo | U | 14.0 | 1352.47 | 18934.58 |
| 35 | Puesta a tierra en Transformador pedestal | U | 14.0 | 577.49 | 8084.86 |
| 36 | Puesta a tierra en Pozo E para seccionamiento de red de MT | U | 9.0 | 137.00 | 1233.00 |
| 37 | Puesta a tierra en Transición A-S o S-A (MT) | U | 2.0 | 167.75 | 335.50 |
| 38 | Puesta a tierra en Pozo con acometidas BT | U | 228.0 | 40.12 | 9147.36 |
| 39 | Sustitución de luminaria existente por LED | U | 157.0 | 470.12 | 73808.84 |
| 40 | Desmontaje de transformadores | U | 50.0 | 1623.60 | 81180.00 |
| 41 | MT: Retiro y enrollado de conductores de aluminio, desnudo, 5005, ASC ó ACSR | U | 4219.0 | 5298.02 | 22352332.46 |
| TOTAL | | | | USD 26'167544.20 | |

Fuente: Autora

7. DISCUSIÓN

El presente trabajo investigativo se orientó al diseño eléctrico del soterramiento de líneas de distribución eléctrica, mediante el uso de normas y guías metodológicas para cada etapa del diseño.

Se realizó el diseño del sistema de iluminación mediante software con el fin de establecer una metodología de fácil comprensión, además se trabajó con la norma internacional CIE 140 – 2000.

Para el proyecto se hace uso de luminarias led, con el fin de aprovechar las ventajas técnicas, económicas (en ahorro de consumo de energía) y medioambientales que ofrece este tipo de equipos de iluminación pública. Por otro lado, se consideró la incorporación de cocinas de inducción al sistema.

El trazado de la obra eléctrica y obra civil, fue diseñado acorde a la geografía de la zona. En lo que respecta a obra civil, el manual de construcción para sistemas de distribución subterránea permite dimensionar y diseñar las infraestructuras de los mismos, estandarizando la cantidad y tipo de material a usarse en los mismos, principalmente en lo que refiere a banco de ductos (zanjas) y pozos subterráneos; cuando se trata de las cámaras subterráneas, el manual no especifica el grosor de pared y cimiento del mismo, sin embargo se pone a consideración según la naturaleza del trabajo de construcción. Las distancias de estos componentes en el proyecto están diseñadas respetando las distancias mínimas que se establecen en el NEC y el mismo manual de construcción.

Además, los conductores que conforman el sistema de distribución subterráneo deben ser de cobre respetando lo establecido en el MERNNR, pudiendo ser de aluminio debido a las características técnicas que asemejan estos dos materiales; entre ellos el grado de conductividad de corriente; resultando un importante ahorro en material, debido a la considerable diferencia de precios entre estos dos componentes.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto fue elaborado considerando todos los parámetros exigidos en las distintas normas de las diferentes áreas del diseño que se presenta para el desarrollo del mismo.

Para que la puesta en marcha del proyecto sea viable desde un punto de vista económico, se necesita de una inversión con financiamiento no reembolsable, donde participen las entidades interesadas en el mismo sean estas públicas primeramente como privadas de darse el caso. Para lo que se ha calculado una inversión del 60 % por dichas organizaciones, mientras que la diferencia se estima como parte de la partida presupuestaria de la empresa encargada de la ejecución de la obra.

8. CONCLUSIONES

- En el presente proyecto se dimensionaron los elementos que formarán parte de la red eléctrica subterránea proyectada, así los calibres de los conductores a emplearse serán de 1/0 para circuitos de media tensión, esta red tendrá una longitud de 5014 m. Mientras que para baja tensión los circuitos que parten desde las cámaras de transformación son calibres de 3/0,2/0,1/0,2 resultando 5820 m de longitud.
- El alumbrado público existente es precario, por lo que se ha dimensionado de acuerdo a los requerimientos mínimos de iluminancia y conforme a las exigencias de la empresa distribuidora establecidos en la norma RTE INEN 069.
- El análisis técnico económico realizado establece como referencia el costo de la obra en USD 26'167544.20 dado que se utiliza como material principal al conductor de Cu, mismo que podrá tener variaciones según el costo de los materiales y los precios unitarios de la mano de obra, pudiendo ser desglosado en caso de mayores detalles, para la toma de decisiones en una posterior puesta en marcha.
- La revisión literaria ha contribuido a más del dimensionamiento de transformadores y otros equipos a concebir un buen criterio para el diseño del tendido eléctrico subterráneo tanto para las redes de media tensión, baja tensión, acometidas y alumbrado público.
- El diseño de la obra civil concuerda con las características eléctricas del proyecto, según los requisitos establecidos en la guía de diseño del catálogo del MERNNR para sistemas subterráneos.

9. RECOMENDACIONES

- Establecer a partir de la homologación del MERNNR, una tabla de criterios específicos para el diseño y estandarización de redes subterráneas en centros urbanos.
- Tener en cuenta la máxima caída de tensión, con el fin de cumplir con los lineamientos establecidos por la EERSSA en mencionados circuitos, garantizando energía de calidad y continuidad del servicio eléctrico.
- Disponer de una base de datos accesible a los interesados por parte de la entidad rectora del servicio eléctrico, referente al consumo de energía de clientes con un promedio de 36 a 60 meses, lo que aportará con datos reales para diseños y dimensionamientos como el propuesto en la presente investigación.
- Establecer sustitutivos mediante estudios, para la elección del material conductor, en el sistema de distribución subterráneo, por los costos que representa este material en la ejecución de este tipo de obras.
- En el caso de ejecución de la obra se recomienda coordinar el proyecto con las entidades interesadas en el mismo, a fin de establecer los beneficios y presupuestos correspondientes a cada una. Así mismo, establecer lazos de conexión con las empresas de telecomunicaciones de la zona con el fin de coordinar un proyecto integrado, donde se haga un trabajo mancomunado de canalización de los servicios a prestar.

10. BIBLIOGRAFÍA

- ARCONELE. (2015). *Resolución ARCONEL-038/15*. Obtenido de <https://www.oficial.ec/resolucion-arconel-03815-incluyese-en-pliego-tarifario-tarifa-general-en-baja-tension-registrador>
- ARCONELE. (2018). Regulación ARCONEL 006/18. En C. N. Electricidad.
- Arias, S. L. (2015). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/48843/1/1053814558.2015.pdf>
- Aucapiña, J., & Niola, J. (2012). *PROYECTO DE ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL DISEÑO DE REDES SUBTERRANEAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR S.A.* Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1929/12/UPS-CT002386.pdf>
- Castillo, D. (2014). *Análisis de información de geomecánica de suelos para la elaboración de una propuesta de mapa de zonificación geotécnica para la ciudad de Loja*. Loja.
- CODENSA. (2011). *Especificación técnica postes metálicos para alumbrado público*.
- EERSSA. (2012). *Normas técnicas para el diseño de Redes Eléctricas urbanas y rurales*. Loja.
- EERSSA. (2012). *Normas técnicas para el diseño de Redes Eléctricas urbanas y rurales*. Loja.
- EERSSA. (2017). *PROPUESTA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE COCINAS DE INDUCCIÓN*. Loja.
- ELECTROTEC. (2019). Obtenido de <https://electrotec.blog/generacion-transporte-y-distribucion-de-energia-electrica/>
- Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P. (2010). *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*.
- Empresa Eléctrica Quito S.A. (2014). *Normas para Sistemas de Distribución - Parte A*. Quito.
- García Fernández, G. (s.f.). *Recursos docentes CITCEA coordinados por Oriol Boix*. Recuperado el 2016, de Alumbrado de Vías Públicas: <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/externo/calculos.html>
- Harper, G. E. (2004). *El ABC del Alumbrado y las Instalaciones eléctricas en baja tensión*. Balderas, México: LIMUSA, S.A.

- INEN. (2012). Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 069 . En *Alumbrado Público*.
- INEN. (2013). Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 069. En *Alumbrado Público*.
- MERNNR. (2013). *Homologación de las UP y UC en sistemas de distribución de energía eléctrica de redes subterráneas*.
- MERNNR. (2013). *Homologación de las UP y UC en sistemas de distribución de energía eléctrica de redes subterráneas*.
- MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGIA RENOVABLE. (2013). *Registro Oficial N° 51*.
- Prócel, F. J. (2017). *DISEÑO DE LA RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN, CENTROS DE TRANSFORMACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO DEL SECTOR SUR DE LA AV. PIO JARAMILLO ALVARADO DE LA CIUDAD DE LOJA*. Loja.
- Ramírez, S. (2004). *Redes de Distribución de Energía*. Mazinales: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia.
- Rojas, G. (s.f.). *Manual de Sistemas de Puesta a Tierra*.
- SIG - EERSSA. (s.f.). *Sistema de Información Geográfica*. Obtenido de <http://eerssa.com/sig/rclientes.htm>
- Tecnología Pirineos*. (s.f.). Obtenido de <http://tecnologiapirineos.blogspot.com/2012/03/distribucion-electrica.html>
- Vernieri, J., & Trepát, J. (2019). *StuDocu*. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-de-la-plata/electrotecnia-y-maquinas-electricas/apuntes-de-clase/generacion-transmision-y-distribucion/2316702/view>
- VIAKON. (s.f.). Obtenido de <https://viakon.com/old/catalogo/producto/65/media-tensi-n-xlpe-tipo-ds-5-15-25-y-35-kv>

11. ANEXOS

Anexo 2: Caída de Tensión de la Red Existente de Zamora

CON COCINAS DE INDUCCIÓN? NO

Anexo 3

DISEÑO DE LA RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA LA ZONA CÉNTRICA DE LA CIUDAD DE ZAMORA
 UNL - CIEM Hoja 1 de 8

CÁLCULO DE CAÍDA DE VOLTAJE (B.V. Existente)

LOCALIDAD: / ZAMORA

TIPO DE OBRA: Electrificación Nueva

Tipo de Conductor: Alum. Desnd.

Red de B.V.: 1F

ESTRATO B C. Esp. [Kva] 0,00


N° Clientes 43 Diseñado por: JENNYFER JARAMILLO

A.P. Total [W] 1.000 Fecha: 21-jul-20

REF. TRANSFORMADOR T-1: 14199
VOLTAJE SECUNDARIO: 240 / 120 V
POTENCIA NOMINAL [kVA]: 50

ESQUEMA: Remitirse al plano de redes existentes

La DMU actual NO considera el uso de Cocinas de Inducción



El transformador está en el nodo: P64

N° de clientes en el nodo P64: 10

| TRAMO | | Lon git. | N° CInt es. | Al.P úb. | C.Es p. | CARGA | CONDUC TOR | | | CAIDA DE VOLTAJE | | | |
|---------|-----|----------|-------------|----------|---------|-------|------------|-------|---------|------------------|---------|-------|-------------|
| Inici o | Fin | [m] | | [W] | [Kva] | [kVA] | N° fases | AWG | F.D. V. | kva x m | PARCIAL | ACUM. | MAXIM OS |
| P64 | P63 | 3,36 | 13 | 400 | | 20,58 | 2F3C | 2 Al. | 286 | 69 | 0,24 | 0,24 | |
| | | 64,7 | 3 | 200 | | 7,08 | 2F3C | 2 Al. | 286 | 458 | 1,60 | 1,84 | 1,84 |
| P64 | P65 | 63,1 | 20 | 400 | | 29,67 | 2F3C | 2 Al. | 286 | 1873 | 6,55 | 6,55 | |
| P65 | P66 | 4,31 | 5 | 200 | | 9,73 | 2F3C | 2 Al. | 286 | 42 | 0,15 | 6,70 | 6,70 |

Cargabilidad del transformador = 113%

Longitud red de B.V.: 136 os

Longitud red de A.P.: 0 os

f:)

NOTAS: Demás caídas de tensión se encuentran en el archivo digital (CD) DV Máx: **6,70**

Anexo 4: Caída de Media Tensión Proyectada

| RED DE MEDIO VOLTAJE PROYECTADO | | | | | | | | | | CON COCINAS DE INDUCCIÓN? | | SI | |
|---|-----|---------|---------|----------------------------------|--------|-------------------------|----------|-----------------------------|--------|---------------------------|------------------|----------------------|--------------|
| | | | | | | | | | | | | Anexo 5 proy. | |
| DISEÑO DE LA RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA LA ZONA CÉNTRICA DE LA CIUDAD DE ZAMORA | | | | | | | | | | | | | |
| UNL - CIEM | | | | | | | | | | | | | |
| CÁLCULO DE CAÍDA DE VOLTAJE (M.V. Proyectado) | | | | | | | | | | | | | |
| LOCALIDAD: / ZAMORA | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE OBRA: Electrificación Nueva | | | | | | | | | | | | | |
| Tipo de Conductor: Cu XLPE Subt. | | | | | | | | | | Nivel de voltaje: | | 13.8 kV | |
| ESTRATO | | B | | Diseñado por: JENNYFER JARAMILLO | | | | A.P. Total del Proyecto [W] | | #N/D | | | |
| N° Clientes | | 1029 | | Fecha: 21-jul-20 | | DEM. DIVERSIFIC. [kVA]: | | #N/D | | | | | |
| ESQUEMA: Dibuje el esquema de redes proyectadas en M.V. | | | | | | | | | | | | | |
| La DMU proyectada SI considera el uso de Cocinas de Inducción | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| El punto de arranque 1 está en el nodo: | | | | | | | | | | | | PZO | |
| El punto de arranque 2 está en el nodo: | | | | | | | | | | | | | |
| TRAMO | | Longit. | N° | Al.Púb. | C.Esp. | CARGA | | COND UCTOR | | kva x km | CAIDA DE VOLTAJE | | |
| Inicio | Fin | [m] | Clntes. | [W] | [Kva] | [kVA] | N° fases | AWG | F.D.V. | | PARCIAL | ACUM. | MAXIM OS |
| PZO | C1 | 92 | 1029 | 21823 | | 1104,50 | 3F + N | 1/0 Cu. | 9141 | 101,6 | 0,011 | 0,011 | |
| C1 | C2 | 246 | 75 | 973 | | 91,94 | 3F + N | 1/0 Cu. | 9141 | 22,6 | 0,002 | 0,013 | |
| C2 | C3 | 233 | 561 | 9313 | | 607,49 | 3F + N | 1/0 Cu. | 9141 | 141,5 | 0,015 | 0,028 | |
| C3 | C9 | 152 | 469 | 7923 | | 509,78 | 3F + N | 1/0 Cu. | 9141 | 77,5 | 0,008 | 0,036 | |
| C9 | C11 | 83 | 380 | 6394 | | 415,27 | 3F + N | 1/0 Cu. | 9141 | 34,5 | 0,004 | 0,040 | |
| C11 | C10 | 134 | 62 | 973 | | 77,85 | 3F + N | 1/0 Cu. | 9141 | 10,4 | 0,001 | 0,041 | 0,041 |
| C11 | C12 | 217 | 202 | 4170 | | 226,23 | 3F + N | 1/0 Cu. | 9141 | 49,1 | 0,005 | 0,045 | |
| C12 | C13 | 136 | 77 | 1112 | | 94,22 | 3F + N | 1/0 Cu. | 9141 | 12,8 | 0,001 | 0,046 | 0,046 |
| C3 | C4 | 334 | 38 | 973 | | 51,14 | 3F + N | 1/0 Cu. | 9141 | 17,1 | 0,002 | 0,030 | |
| C4 | C8 | 185 | 340 | 8201 | | 372,79 | 3F + N | 1/0 Cu. | 9141 | 69,0 | 0,008 | 0,038 | |
| C8 | C7 | 111 | 40 | 834 | | 53,29 | 3F + N | 1/0 Cu. | 9141 | 5,9 | 0,001 | 0,039 | 0,039 |
| C8 | C6 | 206 | 194 | 3614 | | 217,73 | 3F + N | 1/0 Cu. | 9141 | 44,9 | 0,005 | 0,043 | |
| C6 | C5 | 137 | 68 | 834 | | 84,18 | 3F + N | 1/0 Cu. | 9141 | 11,5 | 0,001 | 0,044 | 0,044 |
| C6 | C14 | 173 | 86 | 2085 | | 104,45 | 3F + N | 1/0 Cu. | 9141 | 18,1 | 0,002 | 0,045 | 0,045 |
| Para un sistema balanceado, la corriente en el punto de arranque 1 (Nodo PZO) es 46,2 Amperio | | | | | | | | | | | | | |
| Longitud red de M.V.: | | | | 2.439 metros | | Longitud Neutro M.V.: | | | | Rev.datos metros | | f:) | |
| NOTAS: | | | | | | | | | | | | DV Máx: 0,046 | |

Anexo 9: Detalle de Transformadores empleados en el Proyecto

| | | |
|--|--|--|
| CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR | | FECHA: jul-20 HOJA 1 DE 1 |
| RESPONSABILIDAD : | JENNYFER JARAMILLO | |
| PROYECTO: | ILUMINACIÓN ZAMORA | |
| PARROQUIA: | ZAMORA | SECTOR: CENTRO |
| CANTÓN : | ZAMORA | |
| CATEGORIA: | C | |
| TRANSFORMADOR : | TRIFÁSICO | T1 |
| CONSUMIDORES TOTALES: | | 24 |
| CÁLCULO | | |
| $DD = (DMp + AP + CE) * FS$ | | |
| DONDE : | DD = Demanda de diseño [KVA] | |
| | DMp = Demanda máx. proyectada [KVA] | |
| | AP = Carga de alumbrado público [KVA] | |
| | FS = Factor de sobrecarga | 0,8 |
| $DMp = DMUp * N * FC$ | | |
| $FC = N^{-0.0944}$ | | |
| DONDE : | DMUp = Demanda máx unit. proyectada [KVA] | 4,17 |
| | N = Número de abonados | 24 |
| | FC = Factor de coincidencia | 0,74 |
| | DMp = Demanda máx. proyectada [KVA] | 74,14 |
| $AP = L * CAP$ | | |
| DONDE : | L = Número de lámparas | 14 |
| | CAP = Carga por lámpara [W] | 139 |
| | AP = Carga de alumbrado público [KVA] | 2,40 |
| $DD = (74,14 + 2,40 + 9,96) * 0,80 = 69,20$ | | |
| DD = 69,20 [KVA] | | |
| EL TRANSFORMADOR A EMPLEARSE ES: | | |
| NOMINACION: | CAPACIDAD: | |
| T-1 | 100 KVA | La capacidad del transformador abastece al nuevo abonado |

