

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

“PROPUESTA TÉCNICA PARA EL SOTERRAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DEL BARRIO RUMIPAMBA, PARROQUIA LA ESPERANZA, IBARRA.”

Trabajo de grado presentado ante la Universidad Técnica del Norte
previo a la obtención del título de grado de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

Autor:

Simbaña Criollo Maicol Omar

Director:

Ing. Ramiro Mauricio Vásquez Villarruel Msc.

Ibarra – Ecuador

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100415212-8		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Simbaña Criollo Maicol Omar		
DIRECCIÓN:	La Esperanza-Ibarra		
EMAIL:	mosimbanac@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0967932813

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	PROPUESTA TÉCNICA PARA EL SOTERRAMIENTO DE LA RED ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DEL BARRIO RUMIPAMBA, PARROQUIA LA ESPERANZA, IBARRA.
AUTOR (ES):	Simbaña Criollo Maicol Omar
FECHA: DD/MM/AAAA	07/06/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> OSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ramiro Mauricio Vásquez Villarruel Msc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 7 días del mes de junio de 2023.

EL AUTOR:

Simbaña Criollo Maicol Omar



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Ing. Mauricio Vásquez Msc.

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Que el señor Simbaña Criollo Maicol Omar, con número de cédula 1004152128, ha trabajado bajo mi tutoría y después de haber examinado el trabajo de investigación certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de grado titulado PROPUESTA TÉCNICA PARA EL SOTERRAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DEL BARRIO RUMIPAMBA, PARROQUIA LA ESPERANZA, IBARRA para la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

Ing. Mauricio Vasquez MSc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo a Dios quien me ha dado salud, vida y la oportunidad de alcanzar mis metas. A mis padres Carlos Alfonso Simbaña y María Lucia Criollo, a mis hermanos Erick, Jostin, Alexis y Sandy por haber estado junto a mí en este largo camino. A mi pareja Joselyn por apoyarme en todas las situaciones que se presentaron en este transcurso y ser un pilar fundamental en mi vida.

A todos mis familiares, amigos, docentes y allegados que han estado para brindarme una mano y sus consejos para no rendirme y mejorar como persona.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica del Norte por abrirme sus puertas y permitirme cursar mis estudios de tercer nivel y realizarme como profesional.

A mi familia, amigos y compañeros que han sabido apoyarme con su cariño y lealtad en todo este camino.

A todos los docentes de la carrera que aportaron en mi formación como profesional, en especial al MSc. Ramiro Vásquez que supo apoyarme con su valioso conocimiento y en todas las gestiones que conllevan este trabajo presente

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	IV
TABLA DE CONTENIDO	V
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE TABLAS	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
A1. ANTECEDENTES	XIV
A2. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	XV
A3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	XV
A4. JUSTIFICACIÓN.....	XVI
A5. ALCANCE DEL TRABAJO	XVI
A6. OBJETIVO GENERAL	XVII
A7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	XVII
CAPÍTULO 1	1
1.1. Sistema de distribución de energía eléctrica.....	1
1.2. Transmisión	1
1.3. Distribución.....	2
1.3.1. Subestación eléctrica de distribución	2
1.3.2. Redes de transporte en medio voltaje.....	2
1.3.3. Centros de transformación.....	3
1.3.4. Redes de distribución en bajo voltaje (Redes Secundarias).....	4
1.3.5. Tipos de Redes de Distribución	4

1.3.6.	Acometidas.....	5
1.3.7.	Usuarios finales	6
1.3.8.	Definiciones Generales.....	6
1.4.	Criterios para el diseño y construcción de una red subterránea.....	7
1.4.1.	Normas.....	7
1.4.2.	Homologación de las unidades de Propiedad	8
1.4.3.	Identificador nemotécnico de las unidades de propiedad.....	8
1.4.4.	Elementos de una canalización	8
1.4.5.	Pozos de revisión	9
1.4.6.	Cámaras de transformación y seccionamiento.....	10
1.4.7.	Equipos de protección y seccionamiento	10
1.4.8.	Conductores	11
1.4.9.	Transición de área a subterránea	12
1.4.10.	Acometidas Domiciliarias	12
1.5.	Alumbrado público.....	13
1.5.1.	Alumbrado público general	13
1.5.2.	Alumbrado público ornamental	13
1.5.3.	Alumbrado público intervenido.....	13
1.5.4.	Clases de alumbrado y parámetros fotométricos por vías.....	13
1.6.	Software y Herramientas.....	14
1.6.1.	ArcGIS.....	15
1.6.2.	Analizador de Redes Eléctricas	15
CAPITULO 2.....		16
Red de medio y bajo voltaje actual.....		16
2.1.	Descripción de la zona de estudio	16

2.2.	Operación de la red existente	17
2.2.1.	Subestación Distribuidora y Alimentadores Primarios	17
2.2.2.	Postes y Centros de Transformación	17
2.2.3.	Red de bajo voltaje y alumbrado público.....	18
2.2.4.	Abonados	19
2.3.	Análisis de la Demanda Actual	25
2.3.1.	Analizador de red.....	25
2.3.2.	Instalación	26
2.3.3.	Datos obtenidos.....	27
CAPITULO 3.....		30
3.1.	Diseño de la obra civil.....	30
3.1.1.	Ductos	30
3.1.2.	Zanjas.....	30
3.1.3.	Pozos	32
3.1.4.	Cámaras eléctricas a nivel.....	33
3.2.	Diseño de la obra eléctrica.....	34
3.2.1.	Red primaria	34
3.2.2.	Transformadores de distribución.....	35
3.2.4.	Red de bajo Voltaje.....	40
3.2.5.	Alumbrado público	42
Conclusiones		45
Recomendaciones		46
Bibliografía.....		47
ANEXOS.....		49
Anexo A. Simbología.....		49

Anexo B. Datos obtenidos del transformador 1A25T, 12271	50
Anexo C. Datos obtenidos del transformador 1A25T, 12171.....	51
Anexo D. Datos obtenidos del transformador 1A25T, 12033.....	52
Anexo E. Datos obtenidos del transformador 1A25T, 12101	54
Anexo F. Tabla de caídas de voltaje en circuitos secundarios del CT1.....	55
Anexo G. Tabla de caídas de voltaje en circuitos secundarios del CT2	56
Anexo H. Tabla de caídas de voltaje en circuitos secundarios del CT3.....	57
Anexo I. Tabla de caídas de voltaje en circuitos secundarios del CT4	58
Anexo J. Diseño malla a tierra	59
Anexo K. Resultados del Análisis de Iluminación	60

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1: Sistema Eléctrico de Distribución	1
Fig. 1.2: Módulos premoldeados (A. Conector tipo codo, B. Conector tipo T, C. Barrajes desconectables).....	11
Fig. 1.3: Conductor de medio voltaje con protección XLPE.....	12
Fig. 1.4: Conductor de bajo voltaje (TTU).....	12
Fig. 2. 1: Vista de la zona de estudio	16
Fig. 2. 2: Vista de la zona de estudio Base de datos ArcGIS.....	17
Fig. 2. 3: Transformadores de la zona de estudio Base de datos ArcGIS.....	18
Fig. 2. 4: Red de medio y bajo voltaje	19
Fig. 2. 5: Tipo de usuarios de la zona de estudio.	20
Fig. 2. 6: Analizador de Calidad de Energía Modelo 8335.....	25
Fig. 2. 7: Pinzas Amperimétricas y Pinzas de Voltaje.....	26
Fig. 2. 8: Instalación de los Analizadores de Red.....	27
Fig. 2. 9: Planimetría digital del sistema de alcantarillado al municipio de la ciudad de Ibarra.....	29
Fig. 3. 1: Configuración de ductos en zanja M.V, B.V. A.P.....	32
Fig. 3. 2: Configuración de ductos en zanja B.V y A.P.	32
Fig. 3. 3: Diseño Pozo tipo C 1.2 x 1.2m.	33
Fig. 3. 4: Pozo B.V Y A.P.	33
Fig. 3. 5: Cámara eléctricas a nivel.	34
Fig. 3. 6: Centro de Transformación 1	36
Fig. 3. 7: Centro de transformación 2	37
Fig. 3. 8: Centro de transformación 3.....	37
Fig. 3. 9: Centro de transformación 4.....	38
Fig. 3. 10: Diseño malla a tierra.	39

Fig. 3. 11: Topología CT4	40
Fig. 3. 12: Niveles de iluminación.....	44
Fig. 3.13: Disposición de las luminarias	44

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.1: Transformadores de distribución valores nominales de potencias aparentes.....	3
TABLA 1. 3: Clasificación de estratos de consumo	7
TABLA 1. 4: Ductos y tubería para emplear en canalizaciones	9
TABLA 1. 5: Configuración de ductos	9
TABLA 1. 6: Dimensiones para pozos de revisión.....	10
TABLA 1. 7: Clases de alumbrado para diferentes tipos de vías públicas	13
TABLA 1. 8: Clases de iluminación para tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas	14
TABLA 2. 1: Descripción de Postes	18
TABLA 2. 2: Descripción de los Transformadores de la zona de estudio	18
TABLA 2.3: Descripción de las luminarias en la zona de estudio	19
TABLA 2. 4: Consumo eléctrico mensual de usuarios del Transformador 12271	20
TABLA 2. 5: Usuarios que sobrepasan el consumo de estrato tipo E del transformador 12271	21
TABLA 2. 6: Consumo eléctrico mensual de usuarios del Transformador 12171	21
TABLA 2. 7: Usuarios que sobrepasan el consumo de estrato tipo E del transformador 12171	22
TABLA 2. 8: Consumo eléctrico mensual de usuarios del Transformador 12033	22
TABLA 2. 9: Usuarios que sobrepasan el consumo de estrato tipo E del transformador 12033	23
TABLA 2. 10: Consumo eléctrico mensual de usuarios del Transformador 12101	24
TABLA 2. 11: Usuarios que sobrepasan el consumo de estrato tipo E del transformador 12101.....	24
TABLA 2. 12: Instalación y levantamiento de los Analizadores de Red.....	26
TABLA 3. 1: Usuarios del poste R2P3525.....	35
TABLA 3. 2: Usuarios del poste R2P3524.....	35
TABLA 3. 3: Consumo mensual de usuarios asociados a los pozos del CT4.....	41
TABLA 3. 4: Resultados caída de voltaje, circuitos secundarios CT4.....	42
TABLA 3. 5: Demanda de alumbrado público por pozo del CT4	42

RESUMEN

La energía eléctrica es un servicio básico que hoy en la actualidad ha llegado hasta los lugares más remotos, brindando servicio en su mayoría a las personas, debido a esto las empresas distribuidoras de energía eléctrica se han visto en la obligación de realizar nuevos proyectos de electrificación para suplir con la demanda, misma que tiene una tendencia de crecimiento, dicho crecimiento ha hecho que exista una considerable aglomeración de los diferentes elementos que conforman una red de distribución eléctrica, el elemento más notorio son los cables o conductores que se encuentran suspendidos en el aire por lo cual se ha optado por el soterramiento de estos, dando un cambio significativo a la estética de los sectores como también la modernización y el mejoramiento de la confiabilidad de los circuitos eléctricos de distribución.. El presente proyecto tiene como finalidad el diseño técnico de una red subterránea que alimentara al Barrio Rumipamba de la Parroquia La Esperanza de la ciudad de Ibarra, en donde se aplicó las normas y reglamentación vigentes dictadas por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), de igual manera la normativa y procedimientos de la Empresa Eléctrica Regional del Norte (EMELNORTE).

Como parte inicial del trabajo se levantó información referente al estado de todos los elementos que intervienen en la red de distribución aérea actual, y de los usuarios asociados a esta red, esto se realizó mediante el uso de la base de datos ArcGIS, en la cual se encuentra la información actualizada de las redes de distribución eléctrica de EMELNORTE, así como también analizadores de red eléctrica los cuales permitieron conocer el estado actual de los transformadores instalados en la zona, para posteriormente mediante los datos obtenidos dimensionar la nueva red eléctrica subterránea propuesta, diseño que contiene la red de medio voltaje, bajo voltaje y circuito de alumbrado público. El software AutoCAD fue la herramienta computacional que se utilizó para el desarrollo de los planos de obra civil, para la implantación eléctrica se utilizó el software ArcGIS y finalmente el diseño del nuevo sistema de alumbrado público se lo realizó mediante el uso del software DiaLux Evo en el cual se simuló la disposición de las luminarias para obtener niveles óptimos de iluminación y el cumplimiento de las normas establecidas para este propósito.

Palabras clave: red de distribución eléctrica, red de medio voltaje, red de bajo voltaje, analizador de red eléctrica, transformador, red eléctrica subterránea, alumbrado público.

ABSTRACT

Electric energy is a basic service that today has reached the most remote places, providing service mostly to people, due to this electric energy distribution companies have been forced to carry out new electrification projects to meet the demand, which has a growth trend, this growth has made there is a considerable agglomeration of the different elements that make up an electric distribution network, the most notorious element are the cables or conductors that are suspended in the air, which is why we have opted for the burial of these, giving a significant change to the aesthetics of the sectors as well as the modernization and improvement of the reliability of the electrical distribution circuits. The purpose of this project is the technical design of an underground network that will feed the Rumipamba Neighborhood of La Esperanza Parish in the city of Ibarra, where the current rules and regulations issued by the Ministry of Energy and Mines (MEM) were applied, as well as the regulations and procedures of the Northern Regional Electric Company (EMELNORTE).

As an initial part of the work, information was collected regarding the status of all the elements involved in the current overhead distribution network, and of the users associated with this network, this was done through the use of the ArcGIS database, in which the updated information of the electrical distribution networks of EMELNORTE is found, as well as electrical network analyzers which allowed to know the current status of the transformers installed in the area, to subsequently, using the data obtained, size the proposed new underground electrical network, a design that contains the medium-voltage, low-voltage network, and street lighting circuit. The AutoCAD software was the computational tool that was used for the development of the civil works drawings, for the electrical implementation the ArcGIS software was used and finally, the design of the new street lighting system was carried out by using the DIALux Evo software which the arrangement of the luminaires was simulated to obtain optimal lighting levels and compliance with the standards established for this purpose.

Keywords: electric distribution network, medium voltage network, low voltage network, electric network analyzer, transformer, underground electric network, street lighting.

INTRODUCCIÓN

A1. ANTECEDENTES

Con el desarrollo creciente de proyectos urbanísticos, rurales, comerciales e industriales en nuestro país, se ha ampliado el uso de redes eléctricas subterráneas, considerando que este tipo de redes tienen una serie de ventajas, entre ellas las más relevantes, una mayor seguridad al no estar expuestas al vandalismo, más estéticas pues los conductores y accesorios no están a la vista y mayor seguridad al momento de su mantenimiento ya que los cables están debidamente ordenados en ductos y en pozos de revisión .

La red de distribución eléctrica es la etapa final en la cadena de suministro eléctrico, es la parte con más elementos dispersos y de largos tramos, debido a su complejidad es frágil y propensa a varios daños por lo cual es la que más problemas acarrea en la calidad de servicio eléctrico al usuario final. (Solis & Arcos, 2018)

La principal problemática existente en las redes aéreas, son las altas interrupciones de suministro, así como también la contaminación visual que afecta el entorno natural que posee el Ecuador al ser una zona Andina.

El sistema subterráneo es una solución ya que mejora ciertamente la calidad del servicio protegiéndolo de eventos naturales o intencionales además de ayudar a la estética y a la seguridad para las personas.

En el presente proyecto se tomara como punto de estudio el barrio rural Rumipamba del cantón Ibarra en la provincia de Imbabura, realizando un soterramiento de la red aérea de medio y bajo voltaje, el estudio consiste en el diseño técnico de nuevas canalizaciones por la acera, ductos y pozos de revisión así como también se detallara el tendido eléctrico acatándose al reglamento y normas homologadas por el Ministerio de Electricidad y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR), de igual forma se hará uso de la normativa de la Empresa Eléctrica Regional Norte (EMELNORTE S.A) encargada de la distribución de energía eléctrica

A2. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

El barrio Rumipamba se encuentra en una zona andina, está ubicada en la provincia de Imbabura y está rodeado de montañas y naturaleza, el sector debido a su ubicación privilegiada es visitada por turistas nacionales y extranjeros, así como también de personas de comunidades vecinas. Por tratarse de un sector turístico este debe estar en armonía con la naturaleza, pero el crecimiento de la población ha acarreado una mayor demanda de servicios para los abonados, por lo que con la finalidad de cubrir los requerimientos de la población se han realizado proyectos de redes eléctricas de distribución para abastecer la demanda requerida por los abonados, debido a esto se ha visto un crecimiento considerable de conductores eléctricos, telecomunicación y cable operadoras que brindan servicio a este sector los cuales se encuentran tendidos en los postes, lo que causa contaminación visual en el sector, esto hace que la estructura eléctrica no esté en armonía con los paisajes del sector.

El suministro de energía eléctrica se ha visto afectado por el crecimiento del comercio en diferentes puntos del barrio, lo que ha aumentado la demanda de energía eléctrica para abastecer a nuevos locales y nuevas viviendas en el sector, lo que ha ocasionado contaminación visual debido al incremento del tendido eléctrico, la contaminación visual es un tema muy importante a tratar, problema generado principalmente debido a que los postes no están ubicados adecuadamente, estos están en un lado de la acera y las cargas en el lado opuesto, lo que ocasiona que el cableado de las acometidas tenga que ser tendido sobre la vía, con el tiempo y debido al rápido crecimiento del sector la aglomeración de cables es considerable. En ciertas temporadas climatológicas con presencia de fuertes vientos las acometidas tienden a colgarse perdiendo altura y propensas a ser arrastradas por camiones de carga pesada o maquinaria que son de una altura considerable así dejando sin servicio eléctrico a varios domicilios.

A3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo realizar el estudio técnico de una red de distribución eléctrica subterránea para el barrio Rumipamba, Parroquia La Esperanza?

A4. JUSTIFICACIÓN

El estudio por realizar es de gran importancia en el campo de la distribución eléctrica aportando a la Empresa Eléctrica Regional Norte (EMELNORTE) con soluciones y diseño eléctrico del proyecto ya que se ha visto en la obligación de aumentar nuevos circuitos para abastecer la demanda de nuevos usuarios.

La seguridad y eficiencia al momento de dar un mantenimiento a las redes se ha visto perjudicada por la cantidad de cables aglomerados que dificulta el acceso a personal técnico, la red soterrada permitirá un mejor desenvolvimiento al momento de realizar un mantenimiento de las redes eléctricas ya que esta tiene fácil accesibilidad y se encuentra clasificada y señalizada.

A5. ALCANCE DEL TRABAJO

El estudio por realizar se enfoca principalmente en el diseño, mismo que incluye:

Estudio técnico de una red soterrada de medio y bajo voltaje y alumbrado público en el barrio Rumipamba en la parroquia La Esperanza perteneciente al cantón Ibarra, debido a que existe una alta contaminación visual y peligro por las acometidas que cuelgan en la calle, recalcando que esta zona es la de mayor demanda al ser un punto principal de reunión de la parroquia.

Levantamiento de información, considerando todos los elementos del sistema de la red aérea actual. Se estudiarán las condiciones de operación actual de los equipos, centros de transformación, alimentadores, red de medio voltaje, red de bajo voltaje hasta el medidor de consumo del usuario.

Elaboración de planos con la nueva topología para la red soterrada de medio voltaje, bajo voltaje, rutas, diámetro de ductos y calibre de conductores, ubicación de cámaras de transformación y seccionamiento, ubicación de postes de alumbrado público, entre otros.

Además, se realizará el estudio técnico de tal manera que cumpla con todos los requerimientos establecidos por las normas vigentes en el país y de las empresas distribuidoras, tales como:

- Normas de construcción civil y eléctrica, las cuales están establecidas por el MEM.
- ARCERNR 002/20 “Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica”
- ARCERNR REGULACIÓN 06/20: Prestación del Servicio de Alumbrado Público General

Para la ejecución del proyecto es necesario la utilización de programas computacionales que permiten modelar el sistema en su mayoría que son usados por EMELNORTE.

A6. OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio técnico de soterramiento de la red de distribución eléctrica del barrio Rumipamba, aplicando la normativa vigente correspondiente.

A7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Investigar el estado del arte de los sistemas eléctricos, redes soterradas, topología, normas y criterios de construcción.
2. Realizar el levantamiento de información de la red eléctrica de distribución actual.
3. Proceder al diseño de la red soterrada de medio voltaje, bajo voltaje y alumbrado público mediante la elaboración de planos de la topología de la nueva red.

CAPÍTULO 1

Marco Teórico

1.1. Sistema de distribución de energía eléctrica

Un sistema de distribución eléctrica es un conjunto de elementos que convierten energía de una forma primaria (agua en movimiento, viento, radiaciones del sol, etc.) a energía eléctrica, transporta y distribuyen a los consumidores finales como lo indica la Fig. 1.1.

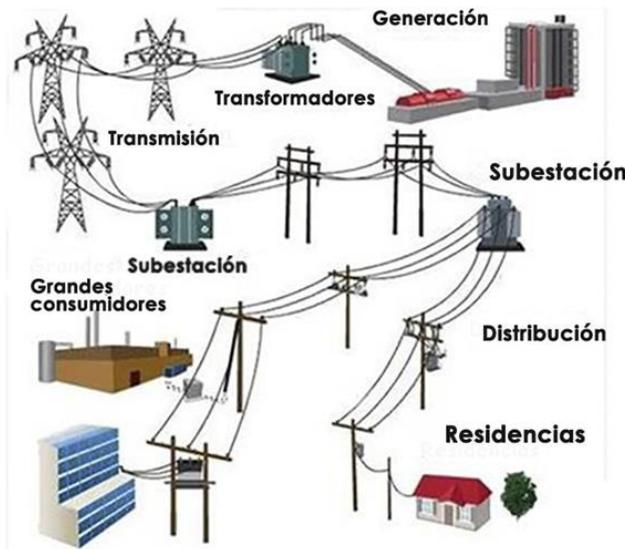


Fig. 1.1: Sistema Eléctrico de Distribución

Fuente: (PELSA, 2021)

El sistema de generación se basa en la transformación de una fuente de energía disponibles en la naturaleza (energía química, cinética, térmica, lumínica, nuclear, entre otras) para obtener energía eléctrica, la electricidad comúnmente se produce en grandes instalaciones denominadas centrales o plantas eléctricas, mediante la energía mecánica, es decir, la energía del movimiento, se mueve una turbina conectada a un generador y de esta forma se genera la electricidad.

(ARCERNNR, 2021) presenta un balance de la generación existente en el país, misma que indica que el 92% de la generación de energía en el Ecuador proviene de centrales hidráulicas, el 7% de térmicas y el 1% de fuentes no convencionales (fotovoltaica, eólica, biomasa, biogás, geotérmica, entre otras).

1.2. Transmisión

Las redes de transmisión se encargan de transportar la energía eléctrica en niveles de alto voltaje desde las centrales de generación hasta los transformadores de reducción ubicados

en las subestaciones, finalmente el voltaje es enviado hacia las subestaciones distribuidoras por medio de las líneas de subtransmisión.

El Sistema Nacional de Transmisión (SNT) está conformado por subestaciones y líneas que operan a voltajes de 500 kV, 230 kV y 138 kV. Esta infraestructura pertenece a la CELEC EP Unidad de Negocio Transelectric y a centros de generación que se interconectan directamente con el sistema de transmisión. (ARCERNNR, 2021)

1.3. Distribución

Las redes de distribución transportan la energía eléctrica en niveles de medio voltaje (13.8 kV– 7.9 kV) a través de las líneas de distribución hacia los centros de transformación donde se reduce el voltaje de medio a bajo voltaje (127/220 trifásico – 120/240 V monofásico) con el objetivo de ofrecer el servicio eléctrico a un nivel seguro de utilización para los equipos.

Una red de distribución eléctrica se conforma a partir de las subestaciones reductoras hasta los usuarios finales, estas redes están formado por los siguientes elementos:

- Subestación eléctrica de distribución
- Redes de transporte en medio voltaje (MV).
- Centros de Transformación
- Redes de distribución en bajo voltaje (BV).
- Acometidas
- Consumidor

1.3.1. Subestación eléctrica de distribución

Una subestación eléctrica de distribución es la encargada de reducir niveles de voltaje de subtransmisión a niveles de medio voltaje. EMELNORTE actualmente cuenta con 16 Subestaciones de Distribución con una capacidad instalada de 182,5 MVA, todas a un voltaje nominal de 69/13,8 kV. (EMELNORTE, 2020)

1.3.2. Redes de transporte en medio voltaje

Estas redes recorren cada uno de los sectores urbanos y rurales suministrando energía a los transformadores de distribución, el circuito comienza en las barras de medio voltaje (MV) en la subestación y terminan en los bushin de medio voltaje de los transformadores de distribución. (Girón, 2019)

EMELNORTE cuenta con 71 redes primarias a un nivel de voltaje de 13,8 kV con una

longitud de 6.069,77 km, 4.350,85 km de ramales monofásicos, 34,61 km de ramales bifásicos y 1.684,31 km de ramales trifásicos. (EMELNORTE, 2020)

- **Troncal principal y derivación primaria**

Es el inicio u origen de un sistema primario, su nombre se da por la capacidad de transporte de energía superior que tiene, la sección de sus conductores es de mayor calibre, en todo sistema de distribución eléctrica la troncal es trifásica.

EMELNORTE mediante la Normalización de Conductores de Redes de Distribución de Medio Voltaje considera que para la troncal principal y derivación primaria se utiliza conductor de aluminio con acero reforzado (ACSR) 3/0.

- **Derivación secundaria**

Se denomina derivación a las ramificaciones o derivaciones de la troncal, generalmente son trifásicas para lugares de alto consumo como ciudades y monofásicas para sectores rurales donde no existe mucha demanda eléctrica, el conductor utilizado por la empresa eléctrica EMELNORTE es el de aluminio con acero reforzado ACSR 2/0.

- **Derivación Terciarias**

Es la red eléctrica, generalmente monofásica, que se origina en una derivación secundaria y su configuración es forma radial, la sección de conductor a utilizar según las normas de EMELNORTE para estas redes y posteriores es el ACSR 1/0

1.3.3. Centros de transformación

Un centro de transformación es una instalación en donde su elemento principal es el transformador, este tipo de equipos se utiliza para cumplir la importante función de distribuir la energía eléctrica a voltajes de diferente nivel, al mismo tiempo que facilita la conexión a líneas y redes que suministran a industrias, edificios y viviendas.

En la actualidad se utilizan transformadores monofásicos y trifásicos, los valores nominales de potencia aparente para los transformadores monofásicos autoprotegidos de distribución y trifásicos convencionales de distribución se especifican en la TABLA 1.1.

TABLA 1.1: Transformadores de distribución valores nominales de potencias aparentes.
Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

MONOFÁSICOS (kVA)	TRIFÁSICOS (kVA)
----------------------	---------------------

3	15	150
5	30	200
10	50	300
15	75	400
25	100	450
37.5	112,5	500
50	125	
75		

EMELNORTE cuenta con 17.528 transformadores de distribución con una potencia total instalada de 500,60 MVA, de los cuales 14.967 son monofásicos con una potencia instalada de 293,05 MVA y 2.561 son trifásicos con una potencia instalada de 207,55 MVA. (EMELNORTE, 2020)

1.3.4. Redes de distribución en bajo voltaje (Redes Secundarias)

Es la fase final de la red de distribución, esta inicia en los circuitos de bajo voltaje de un centro de transformación, opera el voltaje secundario del sistema o voltaje de utilización el cual es transportado mediante las acometidas hacia los consumidores o clientes.

EMELNORTE utiliza voltajes de 120/240 V en circuitos monofásicos a tres hilos y 127/220 V en circuitos trifásicos a cuatro hilos, cuenta con un total de 6.841,06 km de redes secundarias de las cuales, 5.801,93 km son aéreas, 829,81 km son preensambladas, y 209,32 km son subterráneas. (EMELNORTE, 2020)

1.3.5. Tipos de Redes de Distribución

a. Redes de distribución aéreas

En este tipo de construcción, el conductor que comúnmente está desnudo va soportado o suspendido a través de aisladores instalados en crucetas metálicas, en postes de concreto. (Turrubiates, 2019)

Las partes esenciales para este tipo de red son:

- Postes
- Conductores
- Crucetas
- Aisladores
- Herrajes
- Equipos de seccionamiento

- Equipo de Protecciones
- Transformadores

Entre las ventajas de este tipo de red es su fácil localización de fallas, tiempo de construcción más cortos y sus materiales de fácil obtención por otra parte sus desventajas son que tienen un mal aspecto estético, menor confiabilidad, menor seguridad y susceptibles a fallas y cortes de energía.

b. Redes de distribución subterráneas

El crecimiento y expansión, especialmente en zonas urbanas y rurales ha traído consigo una creciente demanda de servicio eléctrico y nuevas infraestructuras. Especialmente, en el caso de las redes aéreas la necesidad de mejorar la estética en varias zonas del país ha llevado a que los municipios implementen la alternativa de soterrar sus instalaciones.

Este tipo de construcción de redes de distribución consiste en colocar líneas eléctricas por debajo de la tierra, son empleadas comúnmente en zonas urbanísticas en donde por estética y seguridad no es aconsejable utilizar el sistema aéreo.

Las partes esenciales para este tipo de red son:

- Ductos
- Cables
- Pozos de revisión
- Accesorios y protecciones
- Transformadores

Las ventajas que brinda las redes subterráneas son los bajos costos de operación y mantenimiento, la protección de cables a conexiones clandestinas o vandalismo, seguridad a los usuarios y mejor presentación del lugar.

1.3.6. Acometidas

Las acometidas son puntos de conexión ya sea aérea o subterránea entre la red eléctrica de distribución y las instalaciones del usuario, un conjunto de elementos conformados por conductores y equipos de medición los cuales suministran la energía eléctrica, desde el sistema de distribución a los diferentes niveles de voltaje hasta las instalaciones del consumidor. (CNEL, 2020)

1.3.7. Usuarios finales

Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación del servicio público de energía eléctrica, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio. (EEQ, 2015)

1.3.8. Definiciones Generales

A continuación, se describe los diferentes conceptos que se utilizan para entender de una mejor manera la fase de planificación y diseño de una red subterránea, esto proporcionara mejor comprensión de los estudios posteriores.

- **Carga Instalada (kVA, MVA, kW o MW)**

La carga instalada de un sistema es la suma de todas las potencias nominales de los equipos conectados a la red como transformadores y generadores los cuales son los encargados de abastecer la potencia eléctrica. (Ramón & Orellana, 2017)

- **Demanda (kW, kVA, A)**

Es la carga de un sistema, medida en los terminales de recepción, promediada en un intervalo de tiempo dado, que se conoce como intervalo de demanda, normalmente el intervalo de demanda se analiza como base de 15, 20 o 30 min. (Arias, 2000)

- **Demanda Promedio**

Es una demanda equivalente en un periodo de tiempo determinado (día, semana, mes, año).

- **Demanda máxima (kW o kVA)**

Se define demanda máxima al valor de mayor demanda en un sistema durante un tiempo considerado, el cual puede ser diario, mensual y/o anual. Por lo general se llama demanda pico o carga pico. (Guzmán, 2018)

- **Demanda coincidente o diversificada.**

Es la suma de las demandas de varios usuarios en un momento determinado, considerando el mismo, promediada en un intervalo de tiempo. La demanda coincidente por lo general es menor que la suma de las demandas máximas individuales. (Duchisela, 2015)

- **Caída de voltaje**

La caída de voltaje se puede definir como la pérdida de potencial en el transporte de la corriente eléctrica en un conductor esto debido a la distancia o sección transversal del mismo, y

como consecuencia el aumento de corriente y disminución de voltaje o viceversa. (Lopez, 2015)

- **Estrato de consumo**

El estrato de consumo se puede definir como la clasificación de clientes acorde a el promedio de consumo eléctrico mensual, para lo cual la Empresa Eléctrica Regional Norte clasifica a los clientes residenciales en 5 estratos de consumo como se muestra en la **¡Error!**
No se encuentra el origen de la referencia..

TABLA 1. 2: Clasificación de estratos de consumo
Fuente: EMELNORTE

Estratos de Consumo	
Categoría por estrato de consumo	kWh/mes
A	>500
B	251-500
C	151-250
D	101-150
E	0-100

1.4. Criterios para el diseño y construcción de una red subterránea.

En el campo de la distribución eléctrica se conoce comúnmente que para lograr las conexiones de las instalaciones al sistema y posteriormente al suministro de energía, es obligación regirse en las normas o regulaciones para cada caso, en la Republica de Ecuador el Ministerio de Energía y Minas (MEM) es el ente encargado de establecer los lineamientos para el diseño y construcción de las redes eléctricas.

A continuación, se presentan las características técnicas que se deben aplicar en la construcción de obra eléctrica y civil de redes subterráneas.

1.4.1. Normas

Las normas detallan las características técnicas tanto en el campo de la construcción u obras civiles como en la construcción y diseño eléctrico, se ejecutará y diseñará con documentación actualizada de las normas y regulaciones nacionales de los entes reguladoras nacionales y provinciales las cuales son:

- MEM: Ministerio de Energía y Minas

- INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- ARCERNNR: Agencia de Regulación y Control de Electricidad de Recursos Naturales no Renovables.
- EMELNORTE: Empresa Eléctrica Regional Norte

1.4.2. Homologación de las unidades de Propiedad

Se define homologación a las unidades de propiedad y constructivas de las redes subterráneas como el responsable de realizar un sistema estándar de los materiales y equipos a utilizar, dando a conocer las especificaciones técnicas de cada material de la red, así también definir la simbología a ocupar para un diseño futuro.

1.4.3. Identificador nemotécnico de las unidades de propiedad

El identificador nemotécnico indica como está conformada la codificación de las redes de distribución subterráneas, las cuales están divididas en cinco campos siendo los dos primeros campos las unidades de propiedad y las tres siguientes las unidades de construcción.

1.4.4. Elementos de una canalización

Los elementos principales que conforman una red subterránea tienen que cumplir ciertas condiciones primordiales, una de estas es que su construcción no debe estar a la vista deben ser realizadas bajo normas técnicas que rigen los entes reguladores para la instalación y fabricación de estos.

- **Canalización**

En una red subterránea son los elementos de mayor relevancia ya que cumplen la función de albergar a los conductores, deben ser construidos e instalados con normas técnicas vigentes proporcionadas por los entes reguladores para su perfecto funcionamiento y aumentar la confiabilidad del sistema.

- **Banco de Ductos**

Un banco de ductos es un sistema de distribución que contiene tuberías de PVC por donde se transportan los cables eléctricos, generalmente son destinados para proteger a los conductores que pasan a través de los ductos (Gómez, 2010), sus dimensiones varían según el calibre del conductor.

Ductos y tubería metálica para emplear en las canalizaciones y transiciones se mencionan en la TABLA 1. 3:

TABLA 1. 3: Ductos y tubería para emplear en canalizaciones

Fuente: Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

Calibre del conductor (AWG o kcmil)	Voltaje	Diámetro del ducto(mm)	Transición Ducto(mm)
1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 250, 300, 350, 500	35	160	160
2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 250, 300 350	15-25	110	110
500	15-25	160	160
4, 2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0	0.6	110	110
6, 4, 2, 1/0	0.6(Alumbrado público y acometidas)	50	50

- **Configuración de ductos**

La configuración de los ductos dentro de una misma zanja está dada en base al número de filas por número de columnas. En la TABLA 1. 4 se muestran las configuraciones en donde el primer dígito indica el número de filas y el segundo el número de columnas.

TABLA 1. 4: Configuración de ductos

Fuente. Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

Fila x Columna	Fila x Columna	Fila x Columna
1x2	1x3	1x4
2x2	2x3	2x4
3x2	3x3	3x4
4x2	4x3	

- **Separación de tubería**

Para conservar una distancia uniforme y ordenada entre ductos se deberán utilizar separadores, estos deberán ser de láminas de PVC. La separación mínima horizontal y vertical entre ductos de un mismo banco será de 5 cm, independiente del diámetro de tubería y del nivel de voltaje empleado.

- **Ancho de zanja**

El ancho de la zanja es dependiendo de la configuración de las tuberías a colocar, según la normativa dice que la zanja debe estar a 5cm de la pared con respecto a las tuberías y a 10 cm respecto al fondo del pozo.

1.4.5. Pozos de revisión

Se entenderán por pozos de revisión, las estructuras diseñadas y destinadas para

permitir el acceso al interior de donde se concentran los ductos los cuales sirven para el cambio de dirección de la topología de la red los cuales tienen dimensiones establecidas tal como indica la TABLA 1. 5, esto con el fin de dar mantenimiento a los conductores o una simple revisión. La distancia entre pozos dependerá del diseño, esta distancia estará entre 30 y 60 metros.

Los pozos serán construidos con paredes de hormigón armado de 210 Kg/cm² (en calzada) o de mampostería de ladrillo o bloque de hormigón pesado en acera. El espesor de la pared será como mínimo de 12 cm.

TABLA 1. 5: Dimensiones para pozos de revisión

Fuente: Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas

Tipos	Largo(m)	Ancho(m)	Profundidad(m)	Aplicación
Tipo A	0.60	0.60	0.75	AP- ACOMETIDA
Tipo B	0.90	0.90	0.90	MV-BV-AP
Tipo C	1.20	1.20	1.20	MV-BV-AP
Tipo D	1.60	1.20	1.50	MV-BV-AP
Tipo E	2.50	2.00	2.00	MV-BV-AP

1.4.6. Cámaras de transformación y seccionamiento

Las cámaras eléctricas de transformación tienen como objetivo albergar los equipos de transformación, protección y seccionamiento de redes subterráneas, permite el ingreso de los cables de una forma adecuada para un seccionamiento óptimo.

Las dimensiones interiores de las cámaras dependerán directamente de la potencia y medida del transformador, pudiendo variar sus medidas en función de las distancias mínimas de seguridad para evitar accidentes de los operadores.

- **Transformadores**

Los transformadores a utilizarse según su ubicación son:

- Tipo sumergible para cámaras subterráneas.
- Transformadores convencionales con frente muerto en cámaras a nivel.
- Transformadores tipo seco para cámaras a nivel construidas en pisos superiores al primero y en lugares de alto riesgo de incendio que imposibilitan el uso de transformadores refrigerados en aceite
- Tipo pedestal instalado sobre una base de hormigón en lugares a la intemperie.

1.4.7. Equipos de protección y seccionamiento

Los equipos de seccionamiento y protección se instalan en la red de distribución para

proteger las instalaciones, aislar fallas y equipos averiados o para aislar equipos e instalaciones para mantenimiento. (Robles & Peralta, 2001)

El MEM indica “En Cámaras Subterráneas deberá utilizarse equipos de seccionamiento y protección tipo sumergible como: módulos premoldeados (conectores tipo codo, tipo “T” o codo portafusible), barrajes desconectables e interruptores de MV aislados en SF6.Los cuales se muestran a continuación en la

Fig. 1.2.

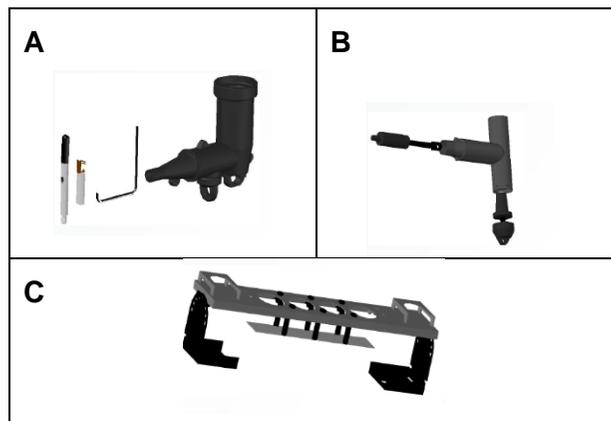


Fig. 1.2: Módulos premoldeados (A. Conector tipo codo, B. Conector tipo T, C. Barrajes desconectables)

Fuente: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas

1.4.8. Conductores

Un conductor eléctrico es aquel material eléctrico que ofrece una bajo resistencia al movimiento de una carga eléctrica, los cuerpos más conductores son los metales, siendo los mejores la plata, el cobre, oro y el aluminio, (García, 2019) para el caso de las redes subterráneas los conductores tienen características específicas según su uso.

- **Conductores de medio voltaje (MV).**

En el sistema de distribución subterráneo el MEER especifica que, para medio voltaje, 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.

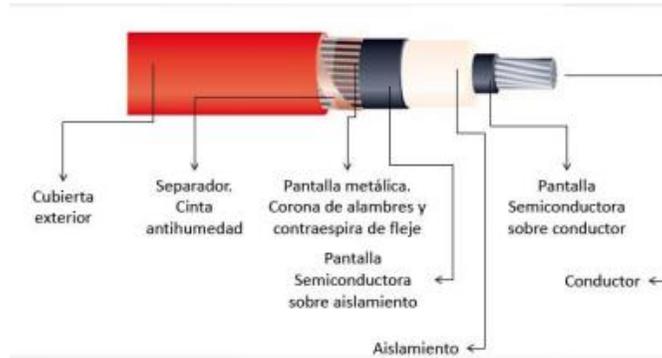


Fig. 1.3: Conductor de medio voltaje con protección XLPE.
Fuente: Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

- **Conductores de bajo voltaje (BV).**

Para red secundaria subterránea se utilizan cables con conductor de cobre, aislamiento de 2.000 V con polietileno (PE) y chaqueta de policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad.



Fig. 1.4: Conductor de bajo voltaje (TTU).
Fuente: (Girón, 2019)

1.4.9. Transición de área a subterránea

La transición es el paso o cambio de un estado, en este caso es el cambio de una construcción eléctrica de distribución de tipo aérea a subterránea.

El MEER dice que, 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 medio voltaje (MV) y 10 m para bajo voltaje (BV), los cables utilizados en ella se alojarán en tubería rígida de acero galvanizado.

1.4.10. Acometidas Domiciliarias

Las acometidas son puntos de conexión ya sea aérea o subterránea entre la red eléctrica de distribución y las instalaciones del usuario, generalmente se utiliza cable tipo TTU mínimo calibre #6 AWG para las fases y el neutro, los cuales llegaran hasta el medidor instalado por la

empresa distribuidora.

1.5. Alumbrado público

Se considera alumbrado público a la iluminación de vías y espacios públicos destinados a la movilidad, seguridad y ornamentación. El alumbrado público se clasifica en: alumbrado público general, alumbrado público ornamental y alumbrado público intervenido

1.5.1. Alumbrado público general

Se denomina alumbrado público general a los sistemas de alumbrado de vías públicas, tránsito de personas y vehículos, así como también la iluminación de escenarios deportivos de acceso y uso público ubicado en los sectores urbanos o rurales.

1.5.2. Alumbrado público ornamental

El alumbrado ornamental es la iluminación de zonas como parques, plazas, iglesias, monumentos y lugares de ámbito turístico u recreación, generalmente se colocan lámparas decorativas con una estética mejorada las cuales ayuden a resaltar la belleza y la presentación de la zona intervenida con esta iluminación.

1.5.3. Alumbrado público intervenido

Es la iluminación de las vías, las cuales por disposición de gobiernos autónomos descentralizados difieren de la normativa establecida por los entes reguladores y por tal motivo estas diseñan la iluminación en base a sus necesidades y factibilidad.

1.5.4. Clases de alumbrado y parámetros fotométricos por vías

La ARCERNNR mediante la Regulación 006/20 "Prestación del Servicio de Alumbrado Público General" da a conocer sobre la clase de alumbrado público, en donde se encuentran clasificadas de M1 a M5, las cuales son seleccionadas según la función de la vía, densidad del tráfico y complejidad del tráfico, la TABLA 1. 6 muestra las clases de alumbrado para diferentes tipos de vías públicas. Por otro lado, en la TABLA 1. 7 se muestran las clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas

TABLA 1. 6: Clases de alumbrado para diferentes tipos de vías públicas
Fuente: Resolución Nro. ARCERNNR-029/2020

Description de la Vía	Tipo de Iluminación
Vías de alta velocidad, con pistas separadas libres de intersecciones al mismo nivel y con accesos completamente controlados, autopistas, autovías. Con densidad de tráfico y complejidad de circulación (Nota4):	
Alta (más de 1000 vehículos/hora)	M1

Media (entre 500 y 1000 vehículos/hora)	M2
Baja (entre 150 y menos de 500 vehículos/hora)	M3
Vías de alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico (Nota5) y separación (Nota6) de diferentes usuarios de la vía (Nota7):	
Pobre	M1
Bueno	M2
Vías urbanas de tráfico importante, carreteras radiales. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Pobre	M2
Bueno	M3
Vías secundarias de conexión, carreteras distribuidoras locales, vías de acceso principales residenciales, carreteras que proporcionan acceso a propiedades y conducen a conexiones de carreteras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Pobre	M4
Bueno	M5

TABLA 1. 7: Clases de iluminación para tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas
Fuente: Resolución Nro. ARCERNR-029/2020

Clase de Iluminación	Descripción del uso de la calzada
P1	Vías de gran importancia.
P2	Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas.
P3	Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas.
P4	Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes.
P5	Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. Importante mantener el lugar o el carácter arquitectónico del entorno.
P6	Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.

1.6. Software y Herramientas

En la actualidad existen varios tipos de programas tales como de simulación, cálculo, dibujo y diseño, los cuales permiten asemejarse a la realidad, estos programas ayudan a diseñar proyectos de manera acertada y llevarlas a la práctica, de esta manera aportando a la ingeniería de estudios eléctricos un mejor desenvolvimiento al realizar trabajos de alto riesgo mejorando el desenvolvimiento y seguridad. De igual manera existen herramientas medidoras que permiten determinar la presencia de corriente eléctrica facilitando la localización de averías, hasta medir la tensión, intensidad o resistencia de líneas y aparatos eléctricos.

1.6.1. ArcGIS

ArcGIS es una base de datos que proporciona herramientas de mapeo y razonamiento espacial es un sistema donde se puede recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica que las empresas eléctricas pueden usar para el análisis y gestión de sus activos.

1.6.2. Analizador de Redes Eléctricas

El analizador de redes eléctricas es un instrumento o herramienta que permite el análisis o medición de las características de una instalación o sistema eléctricos. Esta herramienta le permite probar la capacidad de carga, medir las diferentes potencias entregadas por un transformador, ver consumos, detectar problemas de armónicos, controlar voltajes y sobretensiones.

CAPITULO 2

Red de medio y bajo voltaje actual

Los 257.215,30 km² de superficie territorial del Ecuador están divididos en 20 áreas de prestación del servicio público de energía eléctrica. De las cuales, 11 áreas están asignadas a las Unidades de Negocio de la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP); y, 9 a las empresas eléctricas. (ARCERNNR, 2021)

La empresa que brinda el servicio de distribución y comercialización de energía en la zona norte del país es la Empresa Eléctrica Regional Norte (EMELNORTE), el área de concesión de EMELNORTE S.A. según el “Informe Ejecutivo y Rendición de Cuentas de 2021”, dice que actualmente sirve a 260.175 usuarios comerciales y residenciales y 1252 usuarios especiales, en una extensión de 11.979 Km², distribuidos en las provincias de Imbabura, Carchi y norte de la provincia de Pichincha específicamente los cantones Cayambe y Pedro Moncayo, así como parte del cantón Sucumbíos en la provincia oriental del mismo nombre y los sectores de Alto Tambo y Durango de la Provincia de Esmeraldas.

2.1. Descripción de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra en la Parroquia La Esperanza que se encuentra ubicada al sur del cantón Ibarra, el barrio tiene una longitud aproximada de 1km en la cual la mayoría de las residencias y locales comerciales se encuentran ubicados en las cercanías de la vía Galo Plaza Lasso que es la vía principal que atraviesa el barrio, como se observa en la Fig. 2. 1.

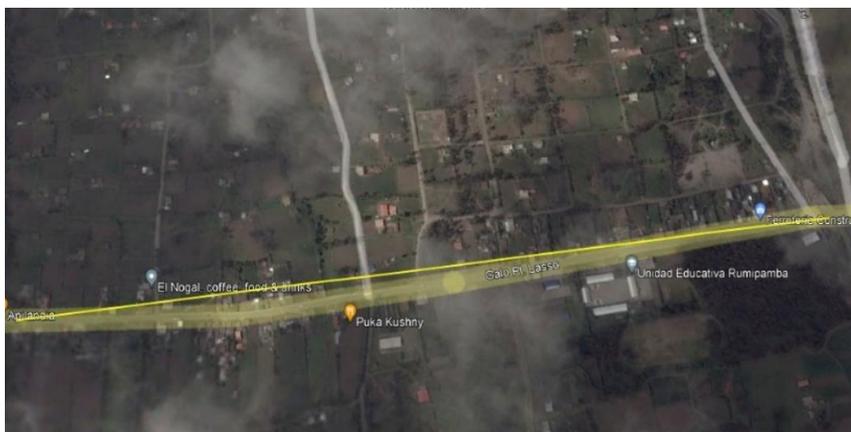


Fig. 2. 1: Vista de la zona de estudio
Fuente: Google Earth

Se solicitó a la empresa distribuidora EMELNORTE la base de datos ArcGIS, en donde se encuentra todas las especificaciones de los elementos instalados en la red de la zona de estudio como se muestra en la Fig. 2. 2.

TABLA 2. 1: Descripción de Postes
Fuente: Autor

Postes	
Estructura	Cantidad
PCH11_350	23

En la Fig. 2. 3 se muestra la ubicación de los transformadores de la zona de estudio en el software ArcGIS, en la TABLA 2. 2 se muestra la cantidad y capacidades de los transformadores instalados dentro de la zona de estudio.

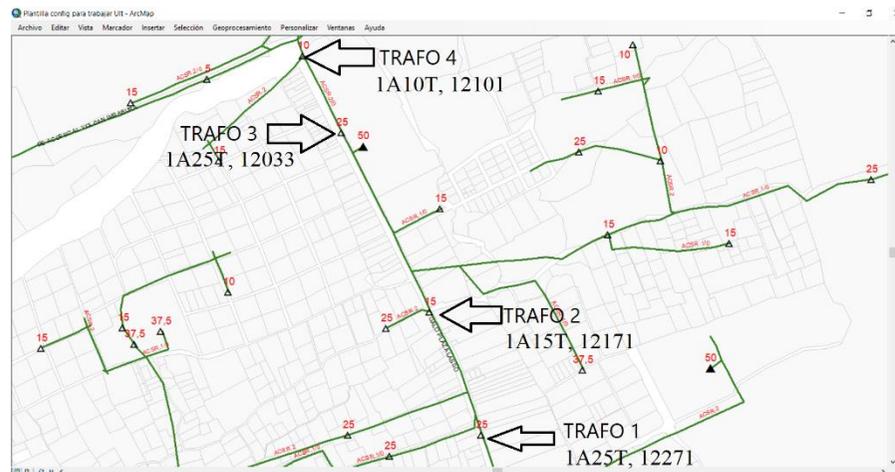


Fig. 2. 3: Transformadores de la zona de estudio Base de datos ArcGIS
Fuente: EMELNORTE

TABLA 2. 2: Descripción de los Transformadores de la zona de estudio
Fuente: Autor

Transformadores			
Tipo	Capacidad	Voltaje	Cantidad
Monofásico	25 kVA	7.97 kV	2
Monofásico	15 kVA	7.97 kV	1
Monofásico	10 kVA	7.97 kV	1

2.2.3. Red de bajo voltaje y alumbrado público

Las redes secundarias que suministran energía a el sector son monofásicas 3 hilos con un voltaje de 120/240V, además se encuentra un hilo piloto el cual alimenta y controla el encendido de las lámparas de alumbrado público. La red de distribución se puede apreciar en la Fig. 2. 4 .



Fig. 2. 4: Red de medio y bajo voltaje

Fuente: Autor

En la zona existe la red de alumbrado público en la cual como elemento principal es la luminaria de sodio de tipo cerrada, en la TABLA 2.3; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran la cantidad y potencia de las lámparas instaladas en la zona de estudio.

TABLA 2.3: Descripción de las luminarias en la zona de estudio

Fuente: Autor

Luminarias		
Estructura	Potencia	Cantidad
LDPS250PCC	250W	2
LDPS150PCC	150W	3
LDPS70PCC	70W	18

2.2.4. Abonados

En la zona de estudio se encuentran usuarios residenciales, tercera edad y comerciales de bajo voltaje, mediante la base de datos ArcGIS se determinó que el barrio cuenta con 147 usuarios tipo E, como se puede observar en la Fig. 2. 5 el color marrón representa a los usuarios con consumo de 1 a 100 kWh mensuales.

18	22	RESIDENCIAL	41	89	RESIDENCIAL
19	37	RESIDENCIAL	42	220	RESIDENCIAL
20	340	RESIDENCIAL	43	40	RESIDENCIAL
21	302	RESIDENCIAL	44	1	RESIDENCIAL
22	95	RESIDENCIAL	45	92	RESIDENCIAL
23	100	RESIDENCIAL			

El transformador 12271 cuenta 45 usuarios de los cuales 21 usuarios sobrepasan los 100 kWh mensuales, según el análisis del consumo, el tipo de usuario y la cantidad de usuarios por estrato se muestra en la TABLA 2. 5.

TABLA 2. 5: Usuarios que sobrepasan el consumo de estrato tipo E del transformador 12271

Fuente: Autor

USUARIOS RESIDENCIALES	
ESTRATO	CANTIDAD
A >500 kWh	0
B 251-500 kWh	4
C 151 -250 kWh	3
D 101-150 kWh	14
E 0-100 kWh	24

En la TABLA 2. 6 se muestra todos los usuarios conectados al transformador con código 1A15T, 12171 con una capacidad de 15 kVA con su respectivo consumo mensual.

TABLA 2. 6: Consumo eléctrico mensual de usuarios del Transformador 12171

Fuente: Autor

TRANSFORMADOR 2 15 KVA, 12171		
NÚMERO DE USUARIOS	CONSUMO MENSUAL kWh	TIPO
1	91	RESIDENCIAL
2	56	RESIDENCIAL
3	330	TERCERA EDAD
4	1	RESIDENCIAL
5	154	RESIDENCIAL
6	97	RESIDENCIAL
7	92	RESIDENCIAL
8	122	TERCERA EDAD
9	93	RESIDENCIAL
10	140	RESIDENCIAL
11	69	RESIDENCIAL
12	64	RESIDENCIAL
13	68	RESIDENCIAL
14	26	RESIDENCIAL

15	30	RESIDENCIAL
16	121	RESIDENCIAL
17	93	RESIDENCIAL
18	89	COMERCIAL BT
19	40	RESIDENCIAL
20	434	RESIDENCIAL
21	98	RESIDENCIAL
22	152	RESIDENCIAL

El transformador 12171 cuenta 22 usuarios de los cuales 7 usuarios sobrepasan los 100 kWh mensuales, según el análisis del consumo, el tipo de usuario y la cantidad de usuarios por estrato se muestra en la TABLA 2. 7.

TABLA 2. 7: Usuarios que sobrepasan el consumo de estrato tipo E del transformador 12171
Fuente: Autor

USUARIOS RESIDENCIALES	
ESTRATO	CANTIDAD
A >500 kWh	0
B 251-500 kWh	2
C 151 -250 kWh	1
D 101-150 kWh	4
E >500 kWh	15
USUARIOS COMERCIALES	
E >500 kWh	1

En la TABLA 2. 8 se muestra todos los usuarios conectados al transformador con código 1A25T, 12033 con una capacidad de 25 kVA con su respectivo consumo mensual.

TABLA 2. 8: Consumo eléctrico mensual de usuarios del Transformador 12033
Fuente: Autor

TRANSFORMADOR 3 25 KVA, 12033								
NÚMERO DE USUARIOS	CONSUMO MENSUAL kWh	TIPO	NÚMERO DE USUARIOS	CONSUMO MENSUAL kWh	TIPO	NÚMERO DE USUARIOS	CONSUMO MENSUAL kWh	TIPO
1	547	COMERCIAL BT	24	522	BENEFICIO PUBLICO	47	896	COMERCIAL BT
2	51	RESIDENCIAL	25	26	RESIDENCIAL	48	252	RESIDENCIAL
3	33	RESIDENCIAL	26	23	COMERCIAL BT	49	126	TERCERA EDAD
4	109	RESIDENCIAL	27	355	RESIDENCIAL	50	67	RESIDENCIAL
5	218	RESIDENCIAL	28	53	RESIDENCIAL	51	46	RESIDENCIAL
6	166	RESIDENCIAL	29	6	RESIDENCIAL	52	136	RESIDENCIAL
7	2	RESIDENCIAL	30	783	COMERCIAL BT	53	80	RESIDENCIAL
8	213	BENEFICIO PUBLICO	31	83	RESIDENCIAL	54	165	RESIDENCIAL

9	109	RESIDENCIAL	32	185	BENEFICIO PUBLICO	55	357	RESIDENCIAL
10	55	RESIDENCIAL	33	133	BENEFICIO PUBLICO	56	40	RESIDENCIAL
11	48	RESIDENCIAL	34	190	TERCERA EDAD	57	87	RESIDENCIAL
12	68	RESIDENCIAL	35	86	RESIDENCIAL	58	272	RESIDENCIAL
13	61	RESIDENCIAL	36	113	COMERCIAL BT	59	193	RESIDENCIAL
14	31	BENEFICIO PUBLICO	37	52	COMERCIAL BT	60	46	RESIDENCIAL
15	69	RESIDENCIAL	38	170	COMERCIAL BT	61	104	RESIDENCIAL
16	35	RESIDENCIAL	39	0	BENEFICIO PUBLICO	62	102	COMERCIAL BT
17	127	COMERCIAL BT	40	0	RESIDENCIAL	63	363	RESIDENCIAL
18	39	RESIDENCIAL	41	169	RESIDENCIAL	64	441	OFICIAL BT
19	82	COMERCIAL BT	42	68	COMERCIAL BT	65	251	RESIDENCIAL
20	227	RESIDENCIAL	43	157	RESIDENCIAL	66	5	RESIDENCIAL
21	48	RESIDENCIAL	44	338	COMERCIAL BT	67	12	COMERCIAL BT
22	120	RESIDENCIAL	45	252	RESIDENCIAL	68	53	RESIDENCIAL
23	300	RESIDENCIAL	46	110	TERCERA EDAD			

El transformador 12033 cuenta 68 usuarios de los cuales 38 usuarios sobrepasan los 100 kWh mensuales, según el análisis del consumo, el tipo de usuario y la cantidad de usuarios por estrato se muestra en la TABLA 2. 9.

TABLA 2. 9: Usuarios que sobrepasan el consumo de estrato tipo E del transformador 12033
Fuente: Autor

USUARIOS RESIDENCIALES	
ESTRATO	CANTIDAD
A >500 kWh	0
B 251-500 kWh	9
C 151 -250 kWh	8
D 101-150 kWh	7
E >500 kWh	25
USUARIOS COMERCIALES	
A >500 kWh	1
B 251-500 kWh	2
C 151 -250 kWh	1
D 101-150 kWh	3
E >500 kWh	5
BENEFICIO PÚBLICO	
A >500 kWh	1
B 251-500 kWh	0

C 151 -250 kWh	2
D 101-150 kWh	1
E >500 kWh	2

En la TABLA 2. 10 se muestra todos los usuarios conectados al transformador con código 1A10T, 12101 con una capacidad de 10 kVA con su respectivo consumo mensual.

TABLA 2. 10: Consumo eléctrico mensual de usuarios del Transformador 12101
Fuente: Autor

TRANSFORMADOR 4 10kVA, 12101		
NÚMERO DE USUARIOS	CONSUMO MENSUAL kWh	TIPO
1	301	RESIDENCIAL
2	114	ASISTENCIA SOCIAL
3	13	RESIDENCIAL
4	96	RESIDENCIAL
5	488	COMERCIAL BT
6	397	RESIDENCIAL
7	90	RESIDENCIAL
8	446	COMERCIAL BT

El transformador 12101 cuenta 8 usuarios de los cuales 5 usuarios sobrepasan los 100 kWh mensuales, según el análisis del consumo, el tipo de usuario y la cantidad de usuarios por estrato se muestra en la TABLA 2. 11.

TABLA 2. 11: Usuarios que sobrepasan el consumo de estrato tipo E del transformador 12101
Fuente: Autor

USUARIOS RESIDENCIALES	
ESTRATO	CANTIDAD
A >500 kWh	0
B 251-500 kWh	2
C 151 -250 kWh	0
D 101-150 kWh	0
E >500 kWh	3
USUARIOS COMERCIALES	
B 251-500 kWh	2
ASISTENCIA SOCIAL	
D 101-150 kWh	1

Según los datos anteriormente mostrados se encontró que de los 147 usuarios en total de la zona de estudio, 72 sobrepasan el estrato tipo E, en donde 33 usuarios son de tipo D, 19 de estrato tipo C y 20 de estrato tipo B.

2.3. Análisis de la Demanda Actual

Para el análisis de la demanda actual del área de estudio se procedió a solicitar a EMELNORTE la instalación de analizadores de calidad de energía en los 4 transformadores existentes en el área de estudio, mediante esto se conocerá potencia suministrada y el consumo eléctrico actual de la zona así como también se realizara una evaluación de la cargabilidad de cada transformador, para conocer el estado de cada transformador y llegar a una conclusión de si existe un sobredimensionamiento o subdimensionamiento, los equipos utilizados, el procedimiento de la instalación y resultados se muestra a continuación.

2.3.1. Analizador de red

Se utilizó dos analizadores de calidad de energía trifásicos PowerPad Modelo 8335, acompañado de sus respectivos accesorios para medición de voltaje y medición de corriente, los equipos se los instala con una caja metálica que brinda seguridad, debido a que estos equipos quedan instalados junto al transformador bajo estudio. El analizador y pinzas utilizadas se muestra en la Fig. 2. 6 y Fig. 2. 7.

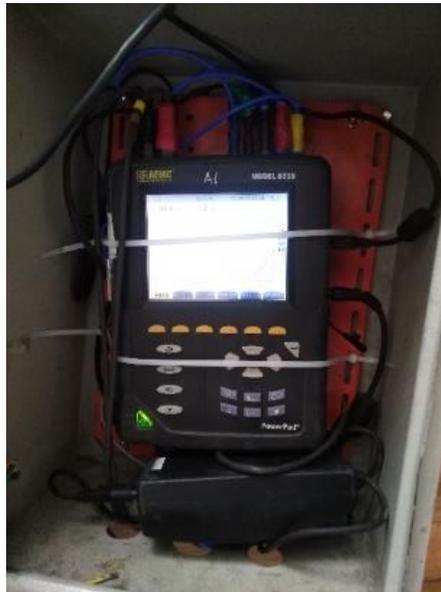


Fig. 2. 6: Analizador de Calidad de Energía Modelo 8335.
Fuente: Autor



Fig. 2. 7: Pinzas Amperimétricas y Pinzas de Voltaje.
Fuente: Autor

2.3.2. Instalación

La instalación de los analizadores de red se la realizo a los 4 transformadores de la zona de estudio, la medición fue realizada según la Regulación de la ARCERNR 002/20 “Calidad del Servicio de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica” la cual indica que la toma de datos se debe realizar durante 7 días en intervalos de 10 minutos con un mínimo de 1008 mediciones a cada uno de los transformadores. Los datos de los transformadores, días de instalación, horas de instalación y el levantamiento se muestran a continuación en la TABLA 2. 12.

TABLA 2. 12: Instalación y levantamiento de los Analizadores de Red
Fuente: Autor

INSTALACIÓN	Transformador 1 25 kVA #: 1A25T,12271	Transformador 2 15 kVA #: 1A15T,12171	Transformador 3 25 kVA #: 1A25T, 12033	Transformador 4 10 kVA #: 1A10T, 12101
Fecha de Instalación	16/08/2022	16/08/2022	29/08/2022	29/08/2022
Hora de Instalación	14:40:00	15:00:00	11:10:00	11:20:00
Fecha de Retiro	23/08/2022	23/08/2022	06/09/2022	06/09/2022
Hora de Retiro	15:00:00	15:10:00	11:10:00	11:20:00

La instalación en los transformadores 1A25T, 12271 y 1A15T, 12171 se la realizo por igual el martes 16 de agosto a las 14h40 y 15h00 posterior se lo retiro el martes 23 de agosto a las 15h00 y 15h10.

La instalación en los transformadores 1A25T, 12033 y 1A10T, 12101 se la realizo el lunes 29 de agosto a las 11h10 y 11h20 posterior se lo retiro el martes 06 de septiembre a las 11h20

y 11h30.



Fig. 2. 8: Instalación de los Analizadores de Red
Fuente: Autor

2.3.3. Datos obtenidos

- Transformador 1

El transformador 1 de la zona de estudio con código 1A25T, 12271 con una capacidad de 25 kVA, cubre la demanda de 45 usuarios y 15 luminarias, los resultados obtenidos del analizador instalado son los siguientes:

Demanda Promedio: 5791,14 W = 5,7 kW

Demanda Activa Máxima: 14834,1 W = 14,83 kW

Potencia Aparente Máxima: 15273,6 VA= 15,27 kVA

El punto de consumo máximo registrado se encuentra entre las horas 19h30 hasta 19h40, un lapso de máximo consumo de 10 minutos, como se observa en el Anexo B.

- Transformador 2

El transformador 2 de la zona de estudio con código 1A15T, 12171 con una capacidad de 15 kVA, cubre la demanda de 23 usuarios y 8 luminarias, los resultados obtenidos del analizador instalado son los siguientes:

Demanda Promedio: 8256,48W = 8,25 kW

Demanda Activa Máxima: 14690,4 W = 14,69 kW

Potencia Aparente Máxima: 15567,7 VA= 15,56 kVA

El punto de consumo máximo registrado se encuentra entre las horas 20h50 hasta 21h00 min, un lapso de máximo consumo de 10 min, como se observa en el Anexo C.

- Transformador 3

El transformador 3 de la zona de estudio con código 1A25T, 12033 con una capacidad de 25 kVA, cubre la demanda de 74 usuarios y 10 luminarias, los resultados obtenidos del analizador instalado son los siguientes:

Demanda Promedio: $20390,135 = 20,39 \text{ kW}$

Demanda Activa Máxima consumida: $33404,8 \text{ W} = 33,40 \text{ kW}$

Potencia Aparente Máxima: $34747,2 \text{ VA} = 34,74 \text{ kVA}$

El punto de consumo máximo registrado se encuentra entre las horas 9h00 hasta 09h50 min, un lapso de máximo consumo de 50 min, como se observa en el Anexo D.

- Transformador 4

El transformador 4 de la zona de estudio con código 1A10T, 12101 con una capacidad de 10 kVA, cubre la demanda de 8 usuarios y 8 luminarias, los resultados obtenidos del analizador instalado son los siguientes:

Demanda Promedio: $4543,555 = 4,54 \text{ kW}$

Demanda Máxima consumida: $23138,7 \text{ W} = 23,12 \text{ kW}$

Potencia Aparente: $23537,2 \text{ VA} = 23,53 \text{ kVA}$

El punto de consumo máximo registrado se encuentra entre las horas 19h20 hasta 19h40 min, un lapso de máximo consumo de 20 min, como se observa en el Anexo E.

Con los datos analizados se puede determinar que el transformador 4 se encuentra con una sobrecarga que excede el 200% durante un lapso de 20 minutos de su capacidad nominal siendo este el que presenta un mayor desgaste en horas pico.

Existen también otros servicios soterrados dentro de esta zona, los cuales son de suma importancia tener en cuenta para la construcción del diseño por lo cual se debe mantener las distancias adecuadas con respecto a cada uno de ellos. Existen, por ejemplo, acometidas de agua potable, alcantarillado que si no se trabaja con cautela podrían ser perjudicadas.

De esta manera se procedió a solicitar la planimetría digital del sistema de alcantarillado y distribución de agua potable a la Empresa Municipal de Alcantarillado y Agua Potable de la ciudad de Ibarra (EMAPA), el cual se muestra en la Fig. 2. 9.



Fig. 2. 9: Planimetría digital del sistema de alcantarillado al municipio de la ciudad de Ibarra
Fuente: EMAPA

Como se observar el sistema de alcantarillado se encuentra en el centro de la calzada por lo que el diseño para el soterramiento no puede interferir con este servicio.

CAPITULO 3

Dimensionamiento y diseño de la nueva red de medio y bajo voltaje

Con el levantamiento de información de todos los elementos eléctricos relacionados a la zona de estudio y los datos obtenidos por los analizadores de red se tiene una visión clara con datos reales de cómo se encuentra la red eléctrica actualmente, por lo cual en el presente capítulo se realizará los procesos finales de este trabajo tales como son:

- Diseño de la obra civil
- Diseño de la obra eléctrica
- Diseño del alumbrado público

3.1. Diseño de la obra civil

En esta sección se describe todo lo relacionado al dimensionamiento de los ductos, pozos y cámaras eléctricas, cabe mencionar que la obra se la realizara por la acera para no interferir con los demás servicios en este caso el de alcantarillado y agua potable que está ubicado en el centro de la calzada, siguiendo las normas establecidas por el MEM descritas en páginas anteriores.

3.1.1. Ductos

Los bancos de ductos a instalar serán de PVC de pared estructurada e interior lisa color naranja tipo B, de 160 mm para la red de MV una para cada fase y para la red de BV se utilizará canalizaciones de 110 mm, para el alumbrado público ornamental se instalará tubo PVC de tipo pesado de 50 mm de diámetro.

La configuración de los bancos de ductos mencionados anteriormente se describe a continuación siguiendo el identificador nemotécnico establecido por el MEM:

EU0-0B1x3C1: banco de ducto en acera con configuración 1x3 de 160mm y 110mm

3.1.2. Zanjas

El ancho de zanja se calcula mediante la Ecuación (1).

$$Bd = N * D + (N-1) e + 2x \quad (1)$$

Donde:

Bd: Ancho de la zanja.

N: Número de tubos (vías) en sentido horizontal.

D: Diámetro exterior del tubo.

e: Espacio entre tubos (Mínimo 5 cm).

x: Distancia entre la tubería y la pared de la zanja. (Mínimo 10 cm)

$$Bd(1x3)M.V \text{ y } B.V = 3 * 16cm + (3 - 1) * 5cm + 2 * 10cm = \mathbf{78 \text{ cm}}$$

$$Bd(1x3)A \text{ y } A = 3 * 11cm + (2 - 1) * 5cm + 2 * 10cm = \mathbf{58 \text{ cm}}$$

El resultado obtenido aplicando la Ecuación 1 es una zanja de 78 cm en donde se colocará conductores de M.V y B.V y de 58 cm la cual contendrá conductores para acometidas y alumbrado público, al ser la configuración en acera la normativa dice que debe tener una profundidad mínima de 60 cm y para calzada 80 cm con respecto a la parte superior de los ductos.

Conociendo el ancho de las zanjas, los ductos se instalarán en el siguiente orden y manera:

En el fondo de la zanja se colocará 10 cm de arena para de esta manera tener un piso uniforme en la cual irán los 3 tubos PVC para MV, luego se colocará el separador de tubería seguido de una capa de arena de 5cm, luego la tubería PVC para la red de BV, se repite el proceso y sobre esta los tubos PVC para el alumbrado público , por último se colocara 10 cm de arena y sobre esta una capa de 20 cm de material de relleno libre de piedra y sobre esta 10 cm de material de relleno compactado a mano y por último la capa final de material de terminado de acera ya sea hormigón o adoquín.

En la zanja adicionalmente se instalará un triducto de polietileno de pared exterior lisa e interior de 40 mm de diámetro para el sistema de comunicación de equipos eléctricos.

La normativa dice que si la zanja es mayor a 50 cm se colocara dos cintas de señalización las cuales indicaran la presencia de ductos eléctricos, estas se colocaran a 20 cm medidos desde el nivel de piso terminado de la acera.

La configuración se muestra en la Fig. 3. 1 y Fig. 3. 2.

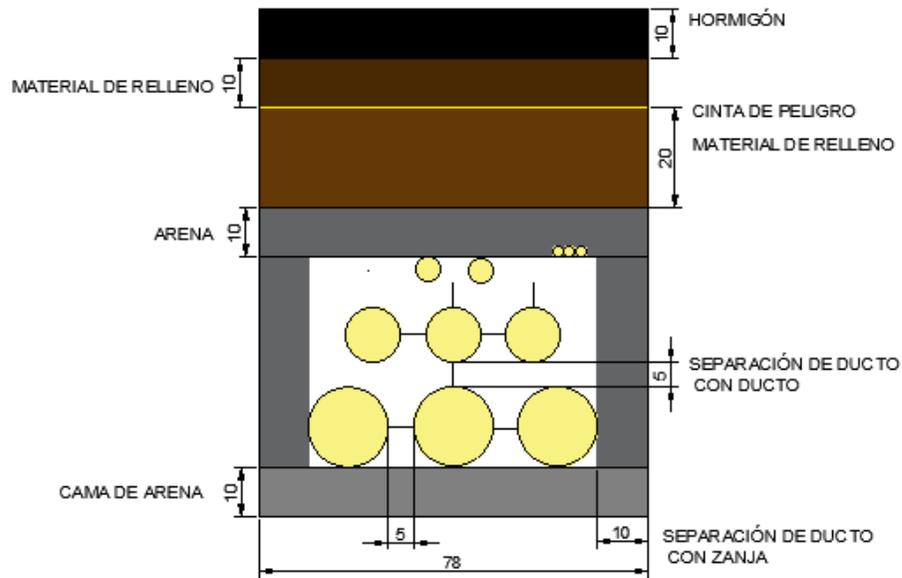


Fig. 3. 1: Configuración de ductos en zanja M.V, B.V. A.P.
Fuente: Auto

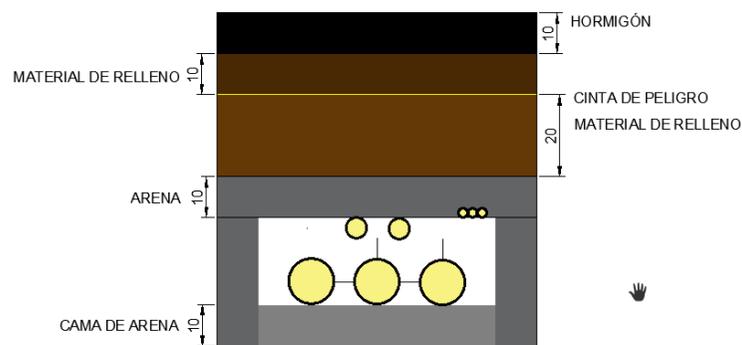


Fig. 3. 2: Configuración de ductos en zanja B.V y A.P.
Fuente: Autor

3.1.3. Pozos

El tipo de pozo que se ha elegido es el Tipo C, el cual tiene como dimensiones y **1.2 m x 1.2 m** respectivamente, utilizado para MV y BV y alumbrado público, al ser configurado en acera estos serán construidos con paredes de hormigón simple de 210 Kg/cm², con un espesor de pared de 10cm. Se debe tomar en cuenta el diseño del banco de ductos el cual debe estar centrado con respecto a las paredes laterales del pozo como se muestra en el modelo en la Fig. 3. 3 y Fig. 3. 4. El piso del pozo será constituido por una capa de 10 cm de material filtrante en este caso de grava.

La distancia inferior de los ductos con el pozo deberá ser mínimo de 10cm, se debe tomar en cuenta el diseño del banco de ductos el cual debe estar centrado con respecto a las paredes laterales del pozo, los cables dentro del pozos estarán a 10 cm arriba del piso estos serán sujetos por soportes de acero galvanizado.

La tapa de los pozos será de hormigón con marco metálico de pletina de acero de espesor de 4mm, una base de 50 mm y un alto de 75 mm, el espesor de la tapa será de 7 cm al ser construida en acera.

La distancia entre pozos será entre 30 y 60 metros dependiendo de los cambios de dirección, empalmes y derivaciones de red que se presenten.

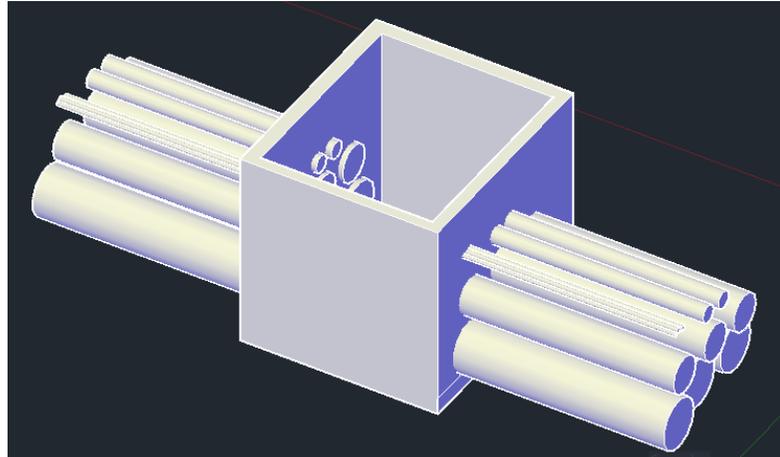


Fig. 3. 3: Diseño Pozo tipo C 1.2 x 1.2m.
Fuente: Autor

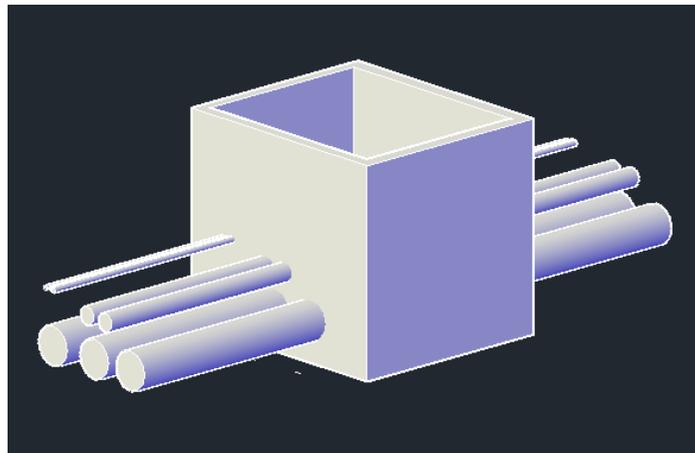


Fig. 3. 4.: Pozo B.V Y A.P.
Fuente: Autor

3.1.4. Cámaras eléctricas a nivel

La instalación de los centros de transformación se la realizará a nivel del suelo por lo cual se elaborará una base de hormigón armado con un área dependiente de las medidas de cada uno de los transformadores a utilizar.



Fig. 3. 5: Cámara eléctricas a nivel.
Fuente: MEM

3.2. Diseño de la obra eléctrica

Con el levantamiento eléctrico presentado en el Capítulo 2, se procede a realizar la obra eléctrica en donde se describirá la red primaria, transformadores, red secundaria y alumbrado público.

3.2.1. Red primaria

- **Transición aérea subterránea**

La transición aérea subterránea en MV se la realizara en el poste R2P3546 con código 82163 con coordenadas en X(metros)=821598,282125, y en Y (metros)=821.466,73 tomadas de la base de datos ArcGIS de EMELNORTE. La normativa dice que en donde se realice una transición se colocará un pozo de revisión por lo tanto bajo este poste se construirá el pozo de revisión.

- **Red de Medio Voltaje**

La red subterránea de MV empieza desde el poste R2P3546 y recorrerá en dirección a los 4 centros de transformación una distancia de 1.400 metros de manera lineal hasta el poste R2P3195, cabe mencionar que la red es independiente para el barrio y no habrá derivaciones en medio voltaje de ningún tipo.

Los conductores de medio voltaje estarán conformados por conductores de calibre 3/0

monopolares de aluminio aislados con polietileno reticulado termoestable XLPE. La selección del calibre del conductor se realizó con base a la normalización de los conductores de M.V propuestos por el Departamento de Planificación de EMELNORTE.

3.2.2. Transformadores de distribución

Para el nuevo diseño se utilizarán 4 transformadores Tipo Pedestal o Paud Monted reemplazando a los existentes montados en poste, los transformadores no cambiarán de posición ya que están ubicados en áreas comunales sin presencia de viviendas, para el dimensionamiento de la capacidad de los transformadores se utilizará los resultados obtenidos por los analizadores de red.

En la TABLA 2. 8 se pudo observar que existen una gran cantidad de usuarios asociados al Transformador 3 y en el Transformador 4 una mínima cantidad de usuarios, por lo cual se redistribuirá correctamente los usuarios para el nuevo dimensionamiento se procede a asociar los usuarios de los postes R2P3525 con 6 y del poste R2P3524 con 12 usuarios como al Transformador 4 el cual es idóneo ya que solo posee 8 usuarios, de esta manera igualar las cargas y dimensionar el nuevo transformador. A continuación se muestran los usuarios asociados a los postes a intervenir.

TABLA 3. 1: Usuarios del poste R2P3525
Fuente: Autor

Número de usuarios	Consumo mensual kWh
1	104
2	106
3	102
4	157
5	163
6	104

TABLA 3. 2: Usuarios del poste R2P3524
Fuente: Autor

Número de usuarios	Consumo mensual kWh
1	126
2	67
3	46
4	136
5	80
6	165
7	157
8	40
9	87
10	172

11	103
12	12

Con la nueva redistribución el Transformador 4 queda conformado por 26 usuarios y el Transformador 3 por 40 usuarios, por lo tanto se continua con el nuevo dimensionamiento para los transformadores.

La capacidad de los nuevos transformadores a instalar se detalla a continuación:

3.2.2.1. Centro de transformación 1 (CT_1)

El resultado del analizador de red para el transformador de 25kVA dio como resultado un consumo máximo de 15.27kVA en donde no se encontró anomalías ya que este no está trabajando en sobrecarga por lo tanto se lo reemplazara por un transformador tipo pedestal conservando la misma potencia. En la Fig. 3. 6 se muestra la ubicación del transformador con sus respectivos pozos.



Fig. 3. 6: Centro de Transformación 1
Fuente: Autor

3.2.2.2. Centro de transformación 2 (CT_2)

El resultado del analizador de red para el transformador de 15 kVA dio como resultado un consumo máximo de 15.56 kVA durante 10 min lo cual no representa una sobrecarga por lo tanto se lo reemplazara por un transformador tipo pedestal de 15 kVA.

La ubicación del centro de transformación con sus respectivos pozos se muestra en la Fig. 3. 7.

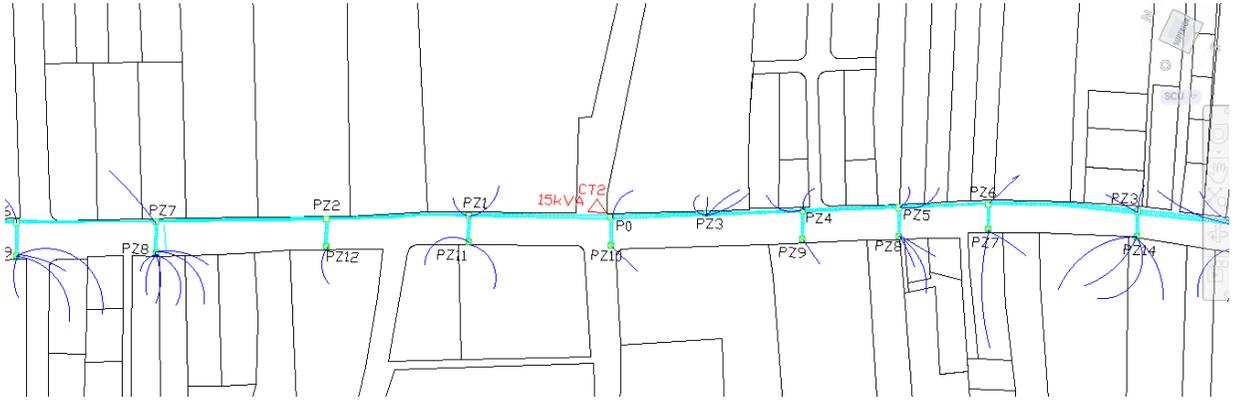


Fig. 3. 7: Centro de transformación 2
Fuente: Autor

3.2.2.3. Centro de transformación 3 (CT_3)

El resultado del analizadore de red para este transformador de 25 kVA dio como resultado un consumo máximo de 34.74 kVA durante 50 min lo cual indica que está trabajando al 138.96% de su capacidad nominal y según normativa un transformador puede entregar una carga de placa del 150% durante una hora sin sufrir daños, cabe mencionar que a el trasformador se le redujo 18 usuarios por lo tanto la potencia máxima entregada disminuirá considerablemente así que se lo reemplazara por un transformador tipo pedestal conservando la potencia.

La ubicación del centro de transformación con sus respectivos pozos se muestra en la Fig. 3. 8.

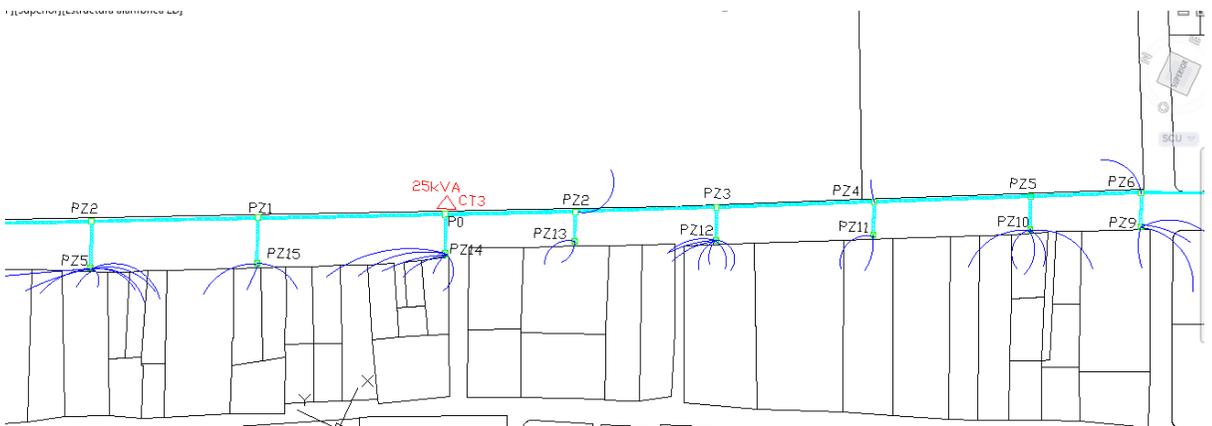


Fig. 3. 8: Centro de transformación 3
Fuente: Autor

3.2.2.4. Centro de transformación 4 (CT_4)

El resultado del analizadore de red para el transformador de 10 kVA dio como resultado un consumo máximo de 23.53 kVA durante 20 min lo cual indica que está trabajando al 253,3%

más del doble de su capacidad nominal, en este caso sobrepasa el límite y se encuentra sobrecargado así que se procederá a reemplazar por un transformador tipo pedestal de 25 kVA.

La ubicación del centro de transformación con sus respectivos pozos se muestra en la Fig. 3. 9.

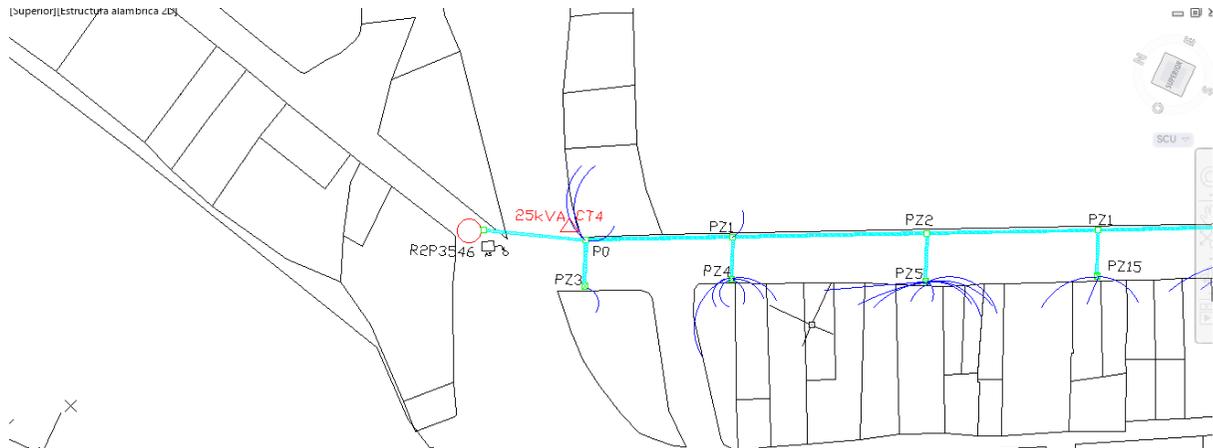


Fig. 3. 9: Centro de transformación 4
Fuente: Autor

3.2.3. Diseño puesto a tierra

Para el diseño del sistema de puesta a tierra para los transformadores propuestos se realizó mediante la normativa establecida por la IEEE Std 80-2013, el terreno de la zona de estudio presenta niveles altos de humedad por lo cual presenta bajos niveles de resistencia por lo cual se escogió valores acordes a normativas establecidas y estudios realizados para este trabajo se tomó un valor de 9.81 ohmios, la normativa dice que el rango de resistencia del suelo no debe sobrepasar los 5 ohmios.

a) Calibre conductor puesta a tierra

El conductor a utilizar para los transformadores de 25 kVA será de cobre desnudo 1 AWG, para el de 15 kVA será 2 AWG, unidos con suelda exotérmica a una varilla de cobre de 1.80 metros con un diámetro de 16 mm.

b) Diseño de la malla a tierra

Para el cálculo se utilizará fórmulas de la resistividad, que están establecidas en la norma IEEE Std 80-2013. A continuación se presentan las ecuaciones:

$$\rho = \frac{2\pi L_r R}{\ln\left(\frac{8L_r}{d}\right) - 1}$$

ρ = Resistividad
 L_r = Longitud de la barilla de cobre = 1.8m
 R = Resistencia del suelo = 9.81 Ω
 d = Diámetro = 16 mm

$$\rho = \frac{2\pi * 1.8m * 9.81\Omega}{\ln\left(\frac{8 * 1.8m}{0.016m}\right) - 1}$$

$$\rho = 19.12\Omega * m$$

La siguiente formula permite determinar la resistencia de la malla de puesta a tierra.

$$R_g = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1+h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

ρ = Resistividad = 19.12 $\Omega * m$
 L_T = longitud total del conductor = 12m
 A = Área de la malla de puesta a tierra = 4m²
 H = Profundidad de aterramiento = 0.8m
 N = Numero de varillas = 4

$$R_g = 4.49\Omega$$

Se determinó que el valor de resistencia de la malla está en el rango admisible por la normativa. En la Fig. 3. 10 se muestra el diseño de la malla a tierra en donde se diseñó colocando 4 barrillas separadas a 2 metros formando un cuadrado.

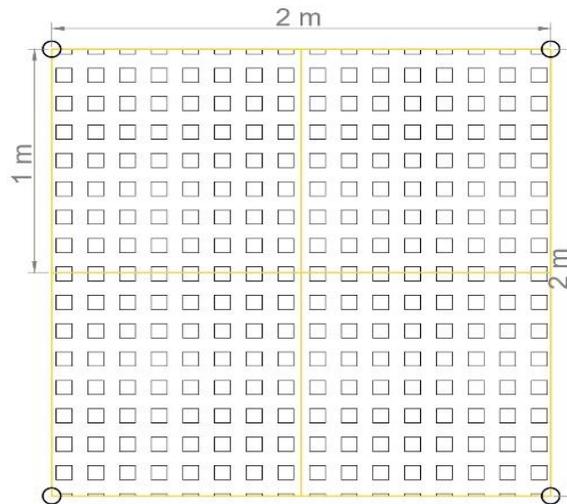


Fig. 3. 10: Diseño malla a tierra.
Fuente: Autor

En el Anexo J se presenta una tabla automatizada basada en la normativa IEEE 80 2013 en donde se ingresan los datos de resistencia y resistividad obtenidos, obteniendo de igual manera un diseño admisible a la normativa.

3.2.4. Red de bajo Voltaje

Para red secundaria de BV subterránea se utilizará conductores de cobre TTU, aislamiento de 2.000 V con polietileno (PE) y chaqueta de policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad e intemperie. De los bushing de B.V. de los centros de transformación saldrán líneas energizadas con un voltaje de 240/120 hasta llegar a cada uno de los pozos tipo C y posterior distribuir a los pozos cercanos a abonados existentes en la zona de estudio.

Las derivaciones de B.V se la realizaran en los pozos tipo C mediante barrajes desconectables.

3.2.4.1. Caída de Voltaje Red Secundaria

La caída de Voltaje en redes secundarias se la realizo mediante las hojas de cálculo que dispone la dirección de Planificación de EMELNORTE los cuales plantean que la caída de voltaje no debe exceder el 3% de pérdida de energía en los puntos de conexión más alejados, para entender cómo se realizó las tablas del Anexo F, G, H y I se toma como ejemplo el Centro de Transformación 4. En la Fig. 3. 11 se puede apreciar un bosquejo de la topología del Centro de Transformación 4 con las respectivas distancias de los pozos asociados.

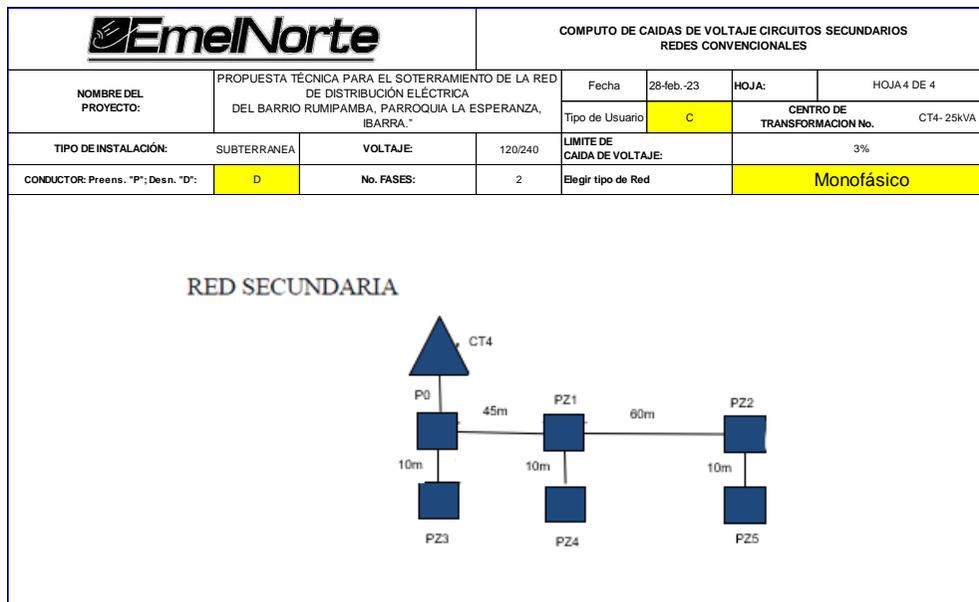


Fig. 3. 11: Topología CT4
Fuente: Autor

A continuación, se ingresa el consumo de un mes de los usuarios asociados a cada pozo como se puede apreciar en la TABLA 3. 3.

TABLA 3. 3: Consumo mensual de usuarios asociados a los pozos del CT4
Fuente: Autor

Pozo	Consumo	Energía/pozo	Demanda individual	Demanda por pozo
#	(kWh/mes/cliente)	(kWh)	kVA	kVA
0	301	428	2,22	3,16
	114		0,84	
	13		0,10	
1	312	441	2,31	2,31
2	0	0	0,00	0,00
3	446	446	3,30	3,30
4	104	1102	0,77	8,14
	165		1,22	
	102		0,75	
	178		1,32	
	363		2,68	
	190		1,40	
5	126	1475	0,93	10,90
	67		0,50	
	80		0,59	
	165		1,22	
	357		2,64	
	40		0,30	
	87		0,64	
	272		2,01	
	193		1,43	
	46		0,34	
	12		0,09	
	30		0,22	
	Total		3763	

Como se puede observar el pozo 0 tiene 3 usuarios, en el cual su consumo produce una demanda de 3.30 kVA, este valor sirve para determinar la caída de voltaje que presenta el pozo por dicha demanda, de igual manera se puede apreciar que el pozo 2 no tiene ningún abonado, la razón es que el pozo solo sirve para el paso de conductores.

Una vez determinado los valores de cada uno de los pozos, se realiza el cálculo de caída de voltaje en donde la TABLA 3. 4 automáticamente realiza el cálculo, dando como resultado 1.48% de caída de voltaje en los circuitos secundarios asociados al CT4.

TABLA 3. 4: Resultados caída de voltaje, circuitos secundarios CT4
Fuente: Autor

TRAMO		Nro.	Carga/usuario	Luminarias	FASE	CALIBRE	FDV	CAIDA VOLTAJE (%)		
DESIG.	L(m)	CONSUM.			Conf. de red	AWG	kVA-m	kVA-m	PARCIAL	ACUMULADO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0-1	45	4	6,41	0,222	Monofásico	# 1/0	431	298,5645159	0,54	0,54
1-2	60	1	3,54	0,333	Monofásico	# 1/0	431	232,1272572	0,42	0,97
2-5	10	12	11,15	0,222	Monofásico	# 1/0	431	113,7493727	0,21	1,17
1-4	10	7	9,08	0,000	Monofásico	# 1/0	431	90,8171557	0,16	1,34
0-3	10	4	7,57	0,333	Monofásico	# 1/0	431	79,07031376	0,14	1,48

Por lo tanto, se determinó que la caída de voltaje es menor al 3% en cada uno de los circuitos secundarios de los transformadores propuestos, lo cual es lo recomendado por el departamento de estudios eléctricos de EMELNORTE, mediante estos resultados se llegó a la conclusión que se utilizaran conductores de cobre # 3/0, #2/0 y 1/0 para las distintas conexiones en BV.

3.2.5. Alumbrado público

El alumbrado público es constituido por postes metálicos en disposición bilateral en alternancia, cuya alimentación de energía es de forma subterránea desde el pozo más cercano, el control de la luminaria se la realizara mediante fotocélulas, la distancia entre postes es de 35m dando como resultado opimos niveles de luminancia en el área.

Las luminarias son alimentadas con conductores 6 AWG de tipo TTU con aislamiento a 2.000 V.

3.2.5.1. Caída de Voltaje

En el caso del CT4 se conectarán 8 luminarias de 105.5W desde el pozo más cercano, la potencia de las luminarias ayuda a determinar la caída de voltaje por pozo, por ende, se incrementa la demanda de energía ya que se suma junto a la demanda de los usuarios por pozo, en la TABLA 3. 5 se muestra las luminarias asociadas a cada pozo del CT4.

TABLA 3. 5: Demanda de alumbrado público por pozo del CT4
Fuente: Autor

# Poste		# Luminarias	Potencia(W)	Total(W)	Fp/lum	kVA/poste
Poste 0	Lado A	1	105,5	105,5	0,95	0,11105263
	Lado B	0	105,5	0	0,95	
Poste 1	Lado A	1	105,5	105,5	0,95	0,11105263
	Lado B	0	105,5	0	0,95	
Poste 2	Lado A	2	105,5	211	0,95	0,22210526
	Lado B	0	105,5	0	0,95	
Poste 3	Lado A	1	105,5	105,5	0,95	0,11105263
	Lado B	0	105,5	0	0,95	
Poste 4	Lado A	1	105,5	105,5	0,95	0,11105263
	Lado B	0	105,5	0	0,95	
Poste 5	Lado A	2	105,5	211	0,95	0,22210526
	Lado B	0	105,5	0	0,95	

En la Tabla 17 antes mencionada se reflejan los valores obtenidos en la caída de voltaje

de las luminarias del CT4, al no exceder el 3% de caída de voltaje el diseño de la red está correctamente diseñada.

3.2.6. Protecciones

Para evitar fallas e interrupciones de servicio se instalará un seccionador con sus respectivos fusibles en el poste R2P3546 que es el punto de conexión en donde se realiza la transición aérea subterránea.

Los transformadores tendrán fusibles de expulsión tipo bay-o-net el cual es un fusible los cuales protegerán de una sobrecarga, este estará en serie con el fusible limitador de corriente el cual actúa en caso de fallas internas del transformador La protección en BV tendrá un interruptor automático, las fallas externas de BV deben ser despejadas por el interruptor automático de bajo voltaje y como respaldo el fusible tipo bayoneta y para proteger el transformador contra sobre voltajes.

3.2.7. Análisis de iluminación

Para el análisis de iluminación se utiliza el software DIALux evo, el cual ayuda a modelar un sistema de iluminación, en el cual se ingresa parámetros de la estructura que conforma el poste de alumbrado público que se va a utilizar, que cumpla con lo estipulado con la ARCERNNR REGULACIÓN 06/20: Prestación del Servicio de Alumbrado Público General.

Como primera instancia se realiza un diagnóstico y se determina qué clase de iluminación se necesita para las aceras y de igual manera para la calzada, mediante las TABLA 1. 6 y TABLA 1. 7 se establece que para las aceras se necesita una clase de iluminación P1 y para la calzada una clase de iluminación M2 la cual es correspondiente a vías medianamente transitadas.

Producto del análisis se tiene como resultado niveles óptimos de iluminación tanto para acera como para las vías peatonales, como se muestran en la Fig. 3. 12.

Recuadro de evaluación (M2) ▾		Calzada 1 (M2)				
L_m	[cd/m ²]	✓	≥	1.50	1.57 ✓	
U_o		✓	≥	0.40	0.69 ✓	
U_l		✓	≥	0.70	0.90 ✓	
TI	[%]	✓	≤	10	4 ✓	
R_{Et}			≥	0.35	0.51	
Recuadro de evaluación (P1) ▾		Camino peatonal 1 (P1)				
E_m	[lx]	✓	≥	15.00	≤ 22.50	17.16 ✓
E_{min}	[lx]	✓	≥	3.00		12.14 ✓
Recuadro de evaluación (P1) ▾		Camino peatonal 2 (P1)				
E_m	[lx]	✓	≥	15.00	≤ 22.50	17.16 ✓
E_{min}	[lx]	✓	≥	3.00		12.14 ✓

Fig. 3. 12: Niveles de iluminación
Fuente: Autor

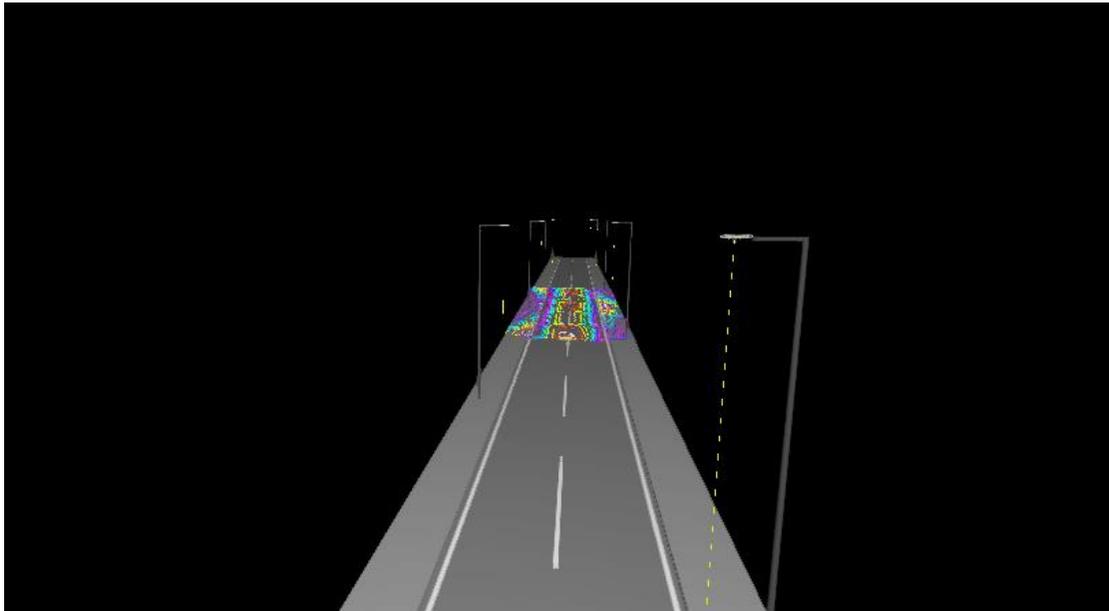


Fig. 3.13: Disposición de las luminarias
Fuente: Autor

En la Fig. 3.13 se muestra un diseño en tres dimensiones, en el que se muestra la disposición de las luminarias.

En el presente análisis se considera la altura de los puntos de luz, longitud del brazo y la distancia entre estructuras de alumbrado público, los cuales se especifican en los resultados del diseño en el Anexo K.

Conclusiones

El estudio del estado del arte permitió tener conceptos claros acerca de todo lo relacionado a un sistema de distribución eléctrica mediante esto entender términos a lo largo del trabajo, de igual manera ayudó a conocer todo lo pertinente al procedimiento para aplicar normativas y guías de diseño vigentes las cuales sean abaladas por el ente regulador del país tal como es el Ministerio de Energía y Minas el cual mediante su manual de construcción facilito especificaciones metodológicas, constructivas civiles y eléctricas. Cabe mencionar documentación y tablas automatizadas de cálculos otorgadas por la empresa distribuidora EMELNORTE las cuales facilitaron los procesos para realizar el trabajo presente y cumplir con su normativa local.

El análisis y estudio de la red de distribución existente demostró que el cambio de la demanda eléctrica provoca efectos negativos a la red y a sus equipos, cambios tales como los sucedidos en los transformadores en donde se identificó que de los 4 transformadores instalados 1 está trabajando a más del doble de su potencia instalada, así como también mediante el estudio se identificó la existencia de un gran número de usuarios los cuales sobrepasan el estrato de consumo tipo E llegando a la conclusión que es necesario realizar una recategorización y actualización en la base de datos del ArcGIS para tener una información adecuada para futuros análisis e investigaciones.

El diseño de soterramiento presentado se elaboró en base a las guías de construcción civiles y eléctricas vigentes con normativa nacional y local, cumpliendo con los límites admisibles que exigen los entes reguladores, de esta manera realizando un correcto diseño de soterramiento. Además, tomando en cuenta el estudio de la red existente y los datos de los analizadores de red instalados se dimensiono correctamente los nuevos transformadores, se distribuyó equilibradamente los usuarios por cada transformador, se dimensiono adecuadamente el alumbrado público y se analizó la caída de voltaje de cada uno de los circuitos secundarios con resultados admisibles cumpliendo con los estándares.

Recomendaciones

Para el desarrollo de este tipo de trabajos se recomienda recurrir a las normas y metodologías desarrolladas por las empresas distribuidoras locales, ya que estas instituciones manejan documentación, hojas de cálculo automatizadas, software de simulación para distintos proyectos eléctricos para de esta manera respetar los criterios referentes a la obra civil, eléctrica y alumbrado público asegurando la viabilidad del trabajo.

Donde no intervengan una cantidad considerable de usuarios se recomienda realizar un levantamiento de información de la zona de estudio de manera presencial para conocer la cantidad de usuarios y su consumo mensual y comparar con la base de datos ArcGIS de la empresa distribuidora para confirmar si existe alguna anomalía con la información y de esta manera ayudar para futuros proyectos por parte de la empresa distribuidora.

Es recomendable realizar el estudio en conjunto con las demás empresas tales como son de telefonía, internet y cable operadoras con el objetivo de aprovechar la intervención y planificar de que todos estos servicios utilicen el sistema subterráneo, eliminando por completo todo el cableado existente.

Bibliografía

- ARCERNNR. (2021). ATLAS DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO. *Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables*, 138.
- Arias, L. (2000). PROGRAMA DIGITAL PARA EL PRONOSTICO DE CARGA ELÉCTRICA ESPACIAL. "*Tesis de Grado*". ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito.
- CNEL. (2020). *Manual para la instalación de la acometida y sistema de medición a los consumidores de CNEL EP*.
- Duchisela, L. (2015). DISEÑO Y ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELECTRICA SUBTERRÁNEA DE LA AV. MANUEL CÓRDOVA GALARZA PARA LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO. "*Tesis de Grado*". Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- EEQ. (14 de Enero de 2015). LEY ORGANICA DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA . Quito.
- EMELNORTE. (2020). *Rendición de Cuentas*. Ibarra .
- García, J. (2019). *ELECTROTÉCNIA* (Vol. 12). Madrid: Paraninfo.
- Girón, I. (2019). DISEÑO DE UNA RED SOTERRADA DE MEDIO VOLTAJE, BAJO VOLTAJE Y ALUMBRADO PÚBLICO DEL CENTRO DE LA CIUDAD DE IBARRA PARA LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL NORTE. "*Tesis de Grado*". Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Gómez, R. (Diciembre de 2010). ELABORACIÓN DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS , DE LAS OBRAS CIVILES NECESARIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y DE TELECOMUNICACIONES EN AEROPUERTOS. Quito.
- Guzmán, L. (2018). DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA TÉCNICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS CURVAS DE DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA PARA EMPRESAS DEL SECTOR ELÉCTRICO COLOMBIANO. "*Tesis de Grado*". Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Lopez, E. (2015). Caida de Tensión VII BETCON. *ACADEMIA*, 7.
- PELSA. (2021). *Distribución de Energía Eléctrica*. Obtenido de <http://www.grupopelsa.com/>
- Ramón, P., & Orellana, I. (2017). DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE CARGA Y PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN POR ESTRATOS DE

CONSUMO EN EL ÁREA DE CONCESIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A. "*Tesis de Grado*". Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca.

Robles, P., & Peralta, A. (2001). UBICACIÓN DE EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO Y INTERCONEXIÓN EN ALIMENTADORES PRIMARIOS. "*Tesis de Grado*". Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.

Solis, C., & Arcos, H. (2018). Planificación de Redes Eléctricas de Distribución de Zonas Urbanas Consolidadas Considerando Criterios de Confiabilidad. *XXVIII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA*, 28, pág. 5.

Turrubiates, V. (27 de Marzo de 2019). REDES DE DISTRIBUCIÓN AÉREAS Y SUBTERRÁNEAS. *Expo Energía*. Obtenido de https://www.exposolucionesenenergia.com/blog/Redes_distribucion_aereas_subterraneas_Part2.php?m=

ANEXOS

Anexo A. Simbología

SIMBOLOGÍA PARA REDES SUBTERRANEAS			
DESCRIPCION	SIMBOLO (DISEÑO)		SIMBOLO (SIG)
	EXISTENTE	PROYECTADO	
Banco de Ductos			
Pozos para MV,BV y Alumbrado			
Pozos para acometidas y Alumbrado			
Cámaras			
Transformador 1F			
Transformador 3F			
Seccionamiento con conector tipo Codo. (C)			
Seccionamiento con conector tipo T			
Seccionamiento con conector codo Portafusible			
Seccionamiento con Barrajes desconectables			
Seccionamiento con Fusibles			
Descargador o pararrayo tipo codo			
Interruptor para redes subterranas			
Celdas de seccionamiento			
Celdas de protección			
Interruptor Termo magnético			
Transición de red aérea a subterránea			

Anexo B. Datos obtenidos del transformador 1A25T, 12271

Versión del Hardware 1.1 PLD

Model 8335 Serie 213152 5:8 1.1
Tendencia 1

Dia de emiece Hora de emiece Dia de finalización Hora de finalización

16/8/2022 14:40:00 23/8/2022 15:10:00

Tipo de conexión: Dividir la fase MN193 Sonda 100 Armónicos Cálculo de valores reactivos: Con

Fecha	Hora	W1	W2	W Total	Wh1	Wh2	Wh Total	VA1	VA2	VA Total
22/8/2022	18:00:00	2987	3125,2	6032,72	518719,6	476620,1	995339,7	3566,2	3327,7	6893,82
22/8/2022	18:10:00	2625,3	5446,5	6631,1	519157,2	477287,7	996444,9	3120,7	4307,5	7428,21
22/8/2022	18:20:00	3620,7	4075,3	7783,02	519760,6	477981,5	997742,1	4305,3	4385,5	8690,83
22/8/2022	18:30:00	3429,8	3399,8	6634,99	520332,2	478515,7	998847,9	3817,8	3421	7238,84
22/8/2022	18:40:00	6086,1	4379,5	9790,7	521346,6	479133,1	1000480	6316,8	3910,1	10226,8
22/8/2022	18:50:00	4595,8	3832,8	8790,13	522112,6	479832,2	1001945	4816,8	4397,3	9214,08
22/8/2022	19:00:00	5450,3	4736,2	10332	523020,9	480645,8	1003667	5724,4	5151,2	10875,5
22/8/2022	19:10:00	5718,7	7210,7	10288	523974	481407,3	1005381	6041,9	4852,1	10894
22/8/2022	19:20:00	6863,6	8213,7	11769,1	525118	482224,9	1007343	7139,3	5143,8	12283,2
22/8/2022	19:30:00	9989,4	4503,5	14834,1	526782,9	483032,3	1009815	10159	5114,8	15273,6
22/8/2022	19:40:00	9510,3	4051,1	13922,9	528367,9	483767,8	1012136	9739,6	4663,4	14403
22/8/2022	19:50:00	5462,6	3759,7	9792,23	529278,4	484489,4	1013768	5799,5	4593,7	10393,2
22/8/2022	20:00:00	5417,4	3924	9985,04	530181,3	485250,6	1015432	5754,7	4822,5	10577,2
22/8/2022	20:10:00	5020,2	6311,3	9055,29	531018	485923,2	1016941	5336,4	4269,2	9605,55
22/8/2022	20:20:00	6174	3968,1	9840,8	532047	486534,3	1018581	6540,3	3906	10446,3
22/8/2022	20:30:00	7645,3	4357,8	11785,8	533321,2	487224,4	1020546	7865,4	4356,8	12222,2
22/8/2022	20:40:00	6589,7	5158,3	10748,6	534419,5	487917,5	1022337	6866,3	4383,9	11250,3
22/8/2022	20:40:00	5180,6	6821,5	9669,4	535282,9	488665,6	1023949	5547,9	4711,3	10259,2
22/8/2022	20:50:00	4891,6	3528,6	9547,11	536098,2	489441,6	1025540	5280,1	4916,6	10196,7
22/8/2022	21:00:00	4700,3	3987,4	10131,7	536881,6	490346,8	1027228	5039,8	5645,8	10685,5
22/8/2022	21:10:00	4654,4	7130,1	8849,08	537657,3	491045,9	1028703	4892,5	4422,3	9314,82
22/8/2022	21:20:00	4628,4	7177,8	8770,98	538428,7	491736,3	1030165	4978,6	4339,3	9317,9
22/8/2022	21:30:00	4618,7	3215,9	8463,56	539198,5	492377,1	1031576	4963,1	4013,5	8976,63
22/8/2022	21:40:00	4191,2	4944,1	7938,99	539897	493001,8	1032899	4507,7	3916,5	8424,17
22/8/2022	21:50:00	3946,7	3094	10919,7	540554,8	494163,9	1034719	4229,2	7090	11319,3

22/8/2022	22:00:00	2987	3094	6032,72	518719,6	476620,1	995339,7	3566,2	3327,7	6893,82
-----------	----------	------	------	---------	----------	----------	----------	--------	--------	---------

Anexo C. Datos obtenidos del transformador 1A25T, 12171

Versión del Hardware 1.1 PLD

Model 8335 Serie 213091 5:8
Tendencia 2

1.1

Dia de empiece Hora de empiece Dia de finalización Hora de finalización

16/8/2022 15:00:00 23/8/2022 15:20:00

Tipo de conexión: Dividir la fase MN193 Sonda 100 A Cálculo de valores reactivos: Con Armónicos

Fecha	Hora	W1	W2	W Total	Wh1	Wh2	Wh Total	VA1	VA2	VA Total
20/8/2022	18:00:00	4150,5	1844,6	5995,1	336764,7	250226	586990,6	5066,8	2324,7	7391,48
20/8/2022	18:10:00	5364,6	1905,4	7270,02	337658,8	250544	588202,3	6341,7	2227,3	8568,98
20/8/2022	18:20:00	7345,4	2392	9737,36	338883	250942	589825,2	7903,6	2728,5	10632,2
20/8/2022	18:30:00	4731	3094,5	7825,56	339671,5	251458	591129,4	5220,3	3380,6	8600,92
20/8/2022	18:40:00	4768,4	3713,1	8481,48	340466,3	252077	592543	5423,8	4098,1	9521,83
20/8/2022	18:50:00	4847,9	3895	8742,86	341274,2	252726	594000,2	5535,6	4279,7	9815,32
20/8/2022	19:00:00	5238,2	4276,9	9515,12	342147,3	253439	595586	6168,3	4735,8	10904
20/8/2022	19:10:00	5031,4	4000	9031,37	342985,8	254105	597091,3	5785,6	4385,8	10171,5
20/8/2022	19:20:00	4763,5	3755,4	8518,94	343779,8	254731	598511,1	5553,8	4160,8	9714,53
20/8/2022	19:30:00	4353,1	3435	7788,03	344505,3	255304	599809,1	4942,7	3802,1	8744,73
20/8/2022	19:40:00	4837,3	3099,1	7936,41	345311,5	255820	601131,8	5572,7	3376,5	8949,19
20/8/2022	19:50:00	5362,4	4129,4	9491,78	346205,2	256509	602713,8	6275,9	4468,5	10744,4
20/8/2022	20:00:00	5338,6	3806,2	9144,8	347095	257143	604237,9	6255,5	4221,9	10477,4
20/8/2022	20:10:00	4801	4158	8958,91	347895,1	257836	605731,1	5547	4639,3	10186,3
20/8/2022	20:20:00	4872,6	4369,4	9241,95	348707,2	258564	607271,4	5655,4	4804,6	10460
20/8/2022	20:30:00	5134,5	6624,4	11758,8	349563	259668	609231,2	6072,5	6861,3	12933,7
20/8/2022	20:40:00	4942,1	5927	10869,2	350386,7	260656	611042,7	5909,2	6147,2	12056,4
20/8/2022	20:50:00	4707,1	9983,3	14690,4	351171,2	262320	613491,1	5791,1	10145	15936,5
20/8/2022	21:00:00	4076	7338,7	11414,6	351850,5	263543	615393,6	4867,2	7571,4	12438,6
20/8/2022	21:10:00	4651,7	4122,7	8774,38	352625,8	264230	616855,9	5639,8	4477,4	10117,1
20/8/2022	21:20:00	5100,7	4274,6	9375,22	353475,9	264943	618418,5	6125,8	4651,9	10777,8
20/8/2022	21:30:00	4480,3	4406,6	8886,89	354222,6	265677	619899,6	5338,9	4810,2	10149,1

20/8/2022	21:40:00	4062,4	5742,5	9804,82	354899,7	266634	621533,8	4897,8	6124,5	11022,3
20/8/2022	21:50:00	3632,3	4326,6	7958,88	355505,1	267355	622860,3	4373,5	4576,6	8950,09
20/8/2022	22:00:00	4170,5	4074,2	8244,74	356200,2	268034	624234,4	5113,9	4344,6	9458,54
20/8/2022	18:00:00	4150,5	1844,6	5995,1	336764,7	250226	586990,6	5066,8	2324,7	7391,48

Anexo D. Datos obtenidos del transformador 1A25T, 12033

Versión del Hardware 1.1 PLD

Model 8335 Serie 213091 5:8

1.1

Tendencia 3

Dia de empiece Hora de empiece Dia de finalización Hora de finalización

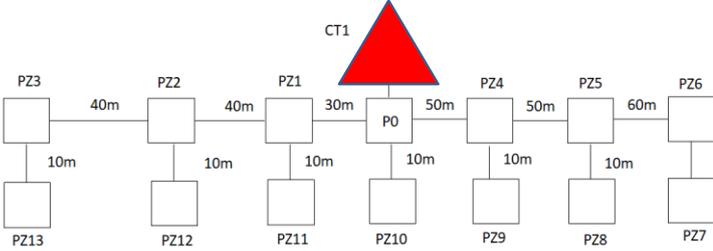
29/8/2022 11:10:00 6/9/2022 11:10:00

Tipo de conexión: Dividir la fase MN193 Sonda 100 A Cálculo de valores reactivos: Con Armónicos

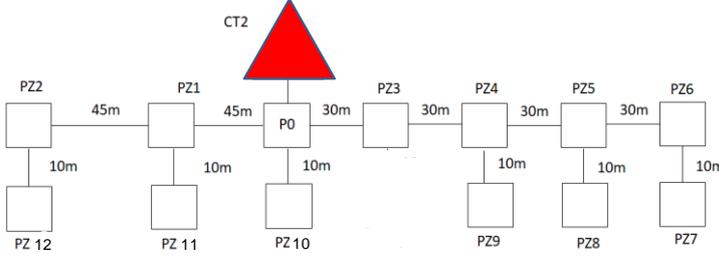
Fecha	Hora	W1	W2	W Total	Wh1	Wh2	Wh Total	VA1	VA2	VA Total
5/9/2022	6:00:00	9785,99	8753,91	18539,9	1491935	1149691	2641625	10710	8904,43	19614,4
5/9/2022	6:10:00	9537,27	6199,03	15736,3	1493524	1150724	2644248	10521	6374,41	16895,4
5/9/2022	6:20:00	12209,3	8944,5	21153,8	1495559	1152215	2647774	12777,4	9134,52	21911,9
5/9/2022	6:30:00	7580,99	11150,8	18731,8	1496822	1154073	2650896	8741,82	11308,2	20050
5/9/2022	6:40:00	8394,87	7412,38	15807,3	1498222	1155309	2653530	10063	7733,17	17796,1
5/9/2022	6:50:00	13642,7	11909,8	25552,5	1500495	1157294	2657789	15273,4	12638,2	27911,6
5/9/2022	7:00:00	15156,1	12860,4	28016,6	1503021	1159437	2662458	16320	13271,9	29591,9
5/9/2022	7:10:00	14865	14203,8	29068,8	1505499	1161804	2667303	15846,4	14433,7	30280,1
5/9/2022	7:20:00	13844,1	11820	25664,2	1507806	1163774	2671581	14480	12022,1	26502,1
5/9/2022	7:30:00	14557,3	7655,16	22212,4	1510233	1165050	2675283	15365,5	8014,13	23379,6
5/9/2022	7:40:00	16563,4	12147,3	28710,7	1512993	1167075	2680068	17357,3	12852,3	30209,7
5/9/2022	7:50:00	12205,2	10271,8	22477	1515027	1168787	2683814	12919,5	10817,6	23737,1
5/9/2022	8:00:00	10701,5	10118,1	20819,5	1516811	1170473	2687284	11369,9	10457,1	21827
5/9/2022	8:10:00	11834,7	9902,15	21736,8	1518783	1172123	2690907	12855,4	10179,6	23035,1

5/9/2022	8:20:00	11828,4	10129,1	21957,5	1520755	1173812	2694566	12851,2	10437,6	23288,8
5/9/2022	8:30:00	13374,9	12969	26343,9	1522984	1175973	2698957	14172,8	13175,6	27348,3
5/9/2022	8:40:00	11615,4	12336,6	23951,9	1524920	1178029	2702949	12510,9	12587,8	25098,6
5/9/2022	8:50:00	12807,8	10475,4	23283,2	1527054	1179775	2706829	14263,6	10818,5	25082,1
5/9/2022	9:00:00	14081,4	12720,7	26802,1	1529401	1181895	2711296	16108,8	13597,4	29706,3
5/9/2022	9:10:00	13833,2	14306,6	28139,8	1531707	1184280	2715986	15774,2	15195,8	30970
5/9/2022	9:20:00	15027,2	15623,5	30650,7	1534211	1186883	2721095	16821,9	16290,4	33112,3
5/9/2022	9:30:00	15893,1	17511,7	33404,8	1536860	1189802	2726662	17011,2	17892	34903,2
5/9/2022	9:40:00	13820,4	14856,5	28676,9	1539164	1192278	2731442	14817,3	15128,3	29945,6
5/9/2022	9:50:00	12129,3	12296,6	24425,8	1541185	1194328	2735513	13579,6	12934,2	26513,7
5/9/2022	10:00:00	11520,5	10833,3	22353,8	1543105	1196133	2739238	12381,9	11143,1	23525
5/9/2022	10:10:00	12924,7	12708,1	25632,7	1545259	1198251	2743510	14766,5	13697,5	28464
5/9/2022	10:10:00	13834,7	12697,4	26532,1	1547565	1200367	2747932	15248,2	13366,7	28614,9
5/9/2022	10:20:00	14361,7	14044	28405,7	1549959	1202708	2752667	14929	14257,7	29186,6
5/9/2022	10:30:00	14268,8	13312,5	27581,3	1552337	1204927	2757264	14976,8	13656,9	28633,7
5/9/2022	10:40:00	12393,6	11335,2	23728,8	1554402	1206816	2761218	13271	11564,7	24835,6
5/9/2022	10:50:00	12213,6	11738,2	23951,7	1556438	1208772	2765210	12993,9	12007,3	25001,1
5/9/2022	11:00:00	12748,1	10417,9	23166	1558563	1210509	2769071	13662,9	10685,6	24348,5
5/9/2022	11:10:00	14173,6	11257,3	25430,8	1560925	1212385	2773310	15128	11595,5	26723,5
5/9/2022	11:20:00	15118,3	12683,8	27802,1	1563445	1214499	2777944	15703,4	12858,7	28562
5/9/2022	11:30:00	14696,7	12733,6	27430,3	1565894	1216621	2782515	15291,7	12907,5	28199,1
5/9/2022	11:40:00	11904,3	10097,6	22001,9	1567878	1218304	2786182	12652,4	10322,7	22975,1
5/9/2022	11:50:00	12939,9	9785,19	22725	1570035	1219935	2789970	13958,8	10090,2	24049
5/9/2022	12:00:00	9785,99	8753,91	18539,9	1491935	1149691	2641625	10710	8904,43	19614,4

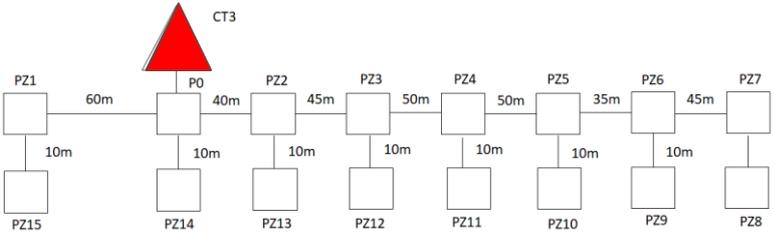
Anexo F. Tabla de caídas de voltaje en circuitos secundarios del CT1.

		COMPUTO DE CAIDAS DE VOLTAJE CIRCUITOS SECUNDARIOS REDES CONVENCIONALES								
NOMBRE DEL PROYECTO:	PROPUESTA TÉCNICA PARA EL SOTERRAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DEL BARRIO RUMPAMBA, PARROQUIA LA ESPERANZA, IBARRA			Fecha	10-abr.-22	HOJA:	HOJA 1 DE 4			
	TIPO DE INSTALACIÓN:	SUBTERRANEA	VOLTAJE:	120/240	LIMITE DE CAIDA DE VOLTAJE:	3%				
CONDUCTOR: Preens. "P"; Desn. "D":	D	No. FASES:	2	Elegir tipo de Red	Monofásico					
										
DESIG.	L(m)	CONSUM.	kVA/tramo	kVA/tramo	Conf. de red	AWG	kVA-m	kVA-m	PARCIAL	ACUMULADO
0-1	30	2	4,66	0,235	Monofásico	# 3/0	604	146,9732653	0,17	0,17
1-2	40	2	10,29	0,248	Monofásico	# 3/0	604	421,6426093	0,48	0,65
2-3	40	7	9,98	0,346	Monofásico	# 3/0	604	413,0346565	0,47	1,12
3-4	150	2	2,16	0,333	Monofásico	# 3/0	604	373,7407444	0,43	1,56
4-5	50	2	1,70	1,701	Monofásico	# 3/0	604	170,1364159	0,19	1,75
5-6	60	6	4,16	4,156	Monofásico	# 3/0	604	498,7282401	0,57	2,32
6-7	10	3	7,35	7,347	Monofásico	# 3/0	604	146,9436906	0,17	2,49
5-8	10	2	1,52	1,524	Monofásico	# 3/0	604	30,4721939	0,03	2,52
4-9	10	3	1,02	3,843	Monofásico	# 3/0	604	48,58622027	0,06	2,58
2-12	10	10	11,13	11,131	Monofásico	# 3/0	604	222,6163054	0,25	2,83
3-13	10	6	4,66	4,655	Monofásico	# 3/0	604	93,10948136	0,11	2,94

Anexo G. Tabla de caídas de voltaje en circuitos secundarios del CT2

			COMPUTO DE CAIDAS DE VOLTAJE CIRCUITOS SECUNDARIOS REDES CONVENCIONALES									
NOMBRE DEL PROYECTO:	PROPUESTA TÉCNICA PARA EL SOTERRAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DEL BARRIO RUMPAMBA, PARROQUIA LA ESPERANZA, IBARRA		Fecha	11-abr.-23	HOJA:	HOJA 2 DE 3						
			Tipo de Usuario	D	CENTRO DE TRANSFORMACION No.	CT2- 25kVA						
TIPO DE INSTALACIÓN:	SUBTERRANEA	VOLTAJE:	120/240	LÍMITE DE CAIDA DE VOLTAJE:	3%							
CONDUCTOR: Preens. "P"; Desn. "D":	D	No. FASES:	2	Elegir tipo de Red	Monofásico							
												
DATOS		Carga/usuario	Luminarias	CIRCUITO			CONDUCTOR				COMPUTO	
TRAMO	Nro.			FASE	CALIBRE	FDV	CAIDA VOLTAJE (%)					
DESIG.	L(m)	CONSUM.	kVA/tramo	kVA/tramo	Conf. de red	AWG	kVA-m	kVA-m	PARCIAL	ACUMULADO		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
0-1	45	3	3,08	0,34622291	Monofásico	# 1/0	431	154,1646336	0,28	0,28		
1-2	45	3	2,49	0,248235294	Monofásico	# 1/0	431	123,3166189	0,22	0,51		
2-3	120	4	1,38	0,34622291	Monofásico	# 1/0	431	207,3446806	0,39	0,89		
3-4	30	6	2,89	0,333157895	Monofásico	# 1/0	431	96,57379679	0,18	1,07		
4-5	50	4	2,36	0,111052632	Monofásico	# 1/0	431	123,7030266	0,23	1,29		
5-6	60	3	1,30	0,111052632	Monofásico	# 1/0	431	84,52620509	0,15	1,45		
6-7	10	3	12,84	0,235170279	Monofásico	# 1/0	431	130,7676239	0,24	1,68		
5-8	10	5	1,43	0,111052632	Monofásico	# 1/0	431	15,44352505	0,03	1,71		
4-9	50	3	1,76	0,22	Monofásico	# 1/0	431	99,23383648	0,18	1,89		
0-10	60	2	3,39	0,444210526	Monofásico	# 1/0	431	230,0262623	0,42	2,31		
1-11	10	4	3,47	0,235170279	Monofásico	# 1/0	431	37,08662766	0,07	2,38		
2-12	10	1	0,60	0,372352941	Monofásico	# 1/0	431	9,727893748	0,02	2,40		

Anexo H. Tabla de caídas de voltaje en circuitos secundarios del CT3

		COMPUTO DE CAIDAS DE VOLTAJE CIRCUITOS SECUNDARIOS REDES CONVENCIONALES									
NOMBRE DEL PROYECTO:	PROPUESTA TÉCNICA PARA EL SOTERRAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DEL BARRIO RUMPAMBA, PARROQUIA LA ESPERANZA, IBARRA			Fecha	13-abr.-23	HOJA:	HOJA 3 DE 4				
TIPO DE INSTALACIÓN:	SUBTERRANEA	VOLTAJE:	120/240	Tipo de Usuario	D	CENTRO DE TRANSFORMACION No. CT2- 25kVA					
CONDUCTOR: Prens. "P"; Desn. "D":	D	No. FASES:	2	LIMITE DE CAIDA DE VOLTAJE:	3%						
				Elegir tipo de Red	Monofásico						
											
DATOS			Carga/usuario	Luminarias	CIRCUITO		CONDUCTOR		COMPUTO		
TRAMO	Nro.				FASE	CALIBRE	FDV	CAIDA VOLTAJE (%)			
DESIG.	L(m)	CONSUM.	kVA/tramo	kVA/tramo	Conf. de red	AWG	kVA-m	kVA-m	PARCIAL	ACUMULADO	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0-1	0	3	0,00	0,333	Monofásico	# 3/0	604	0	0,00	0,00	
1-2	1	1	18,65	0,222	Monofásico	# 3/0	604	18,8708796	0,02	0,02	
2-3	1	5	18,65	0,222	Monofásico	# 3/0	604	18,8708796	0,02	0,02	
3-4	1	3	6,47	0,333	Monofásico	# 3/0	604	6,803140828	0,01	0,03	
4-5	1	3	6,47	0,333	Monofásico	# 3/0	604	6,803140828	0,01	0,04	
5-6	1	3	4,19	0,222	Monofásico	# 3/0	604	4,408564808	0,01	0,04	
6-7	2	3	6,47	0,333	Monofásico	# 3/0	604	13,60628166	0,02	0,06	
7-8	7	3	110,62	0,333	Monofásico	# 3/0	604	776,7002587	0,88	0,94	
6-9	5	3	30,57	0,222	Monofásico	# 3/0	604	153,9797309	0,18	1,12	
5-10	5	3	44,66	0,333	Monofásico	# 3/0	604	224,9436319	0,26	1,37	
4-11	3	3	41,36	0,333	Monofásico	# 3/0	604	125,0709111	0,14	1,51	
3-12	7	3	13,83	0,333	Monofásico	# 3/0	604	99,12812445	0,11	1,63	
2-13	3	3	42,63	0,222	Monofásico	# 3/0	604	128,5436255	0,15	1,77	
0-14	6	3	96,80	0,333	Monofásico	# 3/0	604	582,7750625	0,66	2,44	
1-15	3	3	49,60	0,333	Monofásico	# 3/0	604	149,8090812	0,17	2,61	

Anexo I. Tabla de caídas de voltaje en circuitos secundarios del CT4

EmelNorte				COMPUTO DE CAIDAS DE VOLTAJE CIRCUITOS SECUNDARIOS REDES CONVENCIONALES						
NOMBRE DEL PROYECTO:	PROPUESTA TÉCNICA PARA EL SOTERRAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DEL BARRIO RUMIPAMBA, PARROQUIA LA ESPERANZA, IBARRA.			Fecha	28-feb.-23	HOJA:	HOJA 4 DE 4			
				Tipo de Usuario	C	CENTRO DE TRANSFORMACION No. CT4- 25KVA				
TIPO DE INSTALACIÓN:	SUBTERRÁNEA	VOLTAJE:	120/240	LÍMITE DE CAIDA DE VOLTAJE:	3%					
CONDUCTOR: Preens. "P"; Desn. "D":	D	No. FASES:	2	Elegir tipo de Red	Monofásico					
<p>RED SECUNDARIA</p>										
TRAMO		Nro.	Carga/usuario	Luminarias	FASE	CALIBRE	FDV	CAIDA VOLTAJE (%)		
DESIG.	L(m)	CONSUM.			Conf. de red	AWG		kVA-m	kVA-m	PARCIAL
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0-1	45	4	4,26	0,222	Monofásico	# 1/0	431	201,5824372	0,37	0,37
1-2	60	1	2,35	0,333	Monofásico	# 1/0	431	160,8323237	0,29	0,66
2-5	10	12	7,40	0,222	Monofásico	# 1/0	431	76,26710981	0,14	0,80
1-4	10	7	6,03	0,000	Monofásico	# 1/0	431	60,29546847	0,11	0,91
0-3	10	4	5,03	0,333	Monofásico	# 1/0	431	53,61615857	0,10	1,01

Anexo J. Diseño malla a tierra

CALCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA
IEEE - 80

Datos del Suelo

ρ	9,87	Ohm/m	(resistividad del suelo)
ρ_s	2000	Ohm/m	(resistividad superficial)
h_s	0,8	m	(Profundidad de la capa superficial)

Geometría de la malla [Ver Diagrama](#)

Largo (X):	2	m	Cantidad de varillas:	4
Ancho (Y):	2	m	Largo:	1,8
Área:	4	m ²	Con varillas en las esquinas	
Espacio Vertical (Ey)	2	m	LR:	7,2
Espacio Horizontal (Ex)	2	m		
Conductores verticales:	2			
Conductores Horizontales:	2			
Lc:	8	m (Longitud total de la malla)	Lm:	24,75
h:	1,00	m (Profundidad de la malla)	Lt:	15,20

Parámetros eléctricos

Ts: s (Tiempo de duración de la falla)

3I0: 8947,00 A (3XIO Corriente de falla) [Calcular](#)

Conductor de la malla

Tipo:

Conductividad:	97 % respecto al cobre puro	IEEE 80-2000 Sec 11.3 Tabla 1 Con temperatura de referencia 20°C
Factor α :	0,00381 @20°C [1/°C]	
K0 a 0°C:	242	
Tm:	1084 [°C] (Temperatura de fusión)	
pr a 20°C:	1,78 [μΩ·cm]	Características mínimas del conductor de tierra
TCAP:	3,42 [J/cm3·°C] Capacidad termica	

Tipo de Union:

Temp Max de la Union: 450 °C

Ta: °C (temperatura ambiente)

Akcmil: 27,95 kcmil

Area mínima: 14,16 mm²

Diámetro mínimo: 4,25 mm

Conductor de diseño:

área: 42,41 mm²

diámetro: 7,3483 mm

Factores de paso y toque

K: -0,99 (factor de reflexión)

Cs: (factor de reducción)

Peso de la persona: kg

Es: 4340,57 V (Voltaje de paso Max, para el peso indicado)

Et: 1348,44 V (Voltaje de toque Max)

Resistencia de la malla

Rg: 2,09 Ω (Resistencia de la malla)

Corriente de Malla

IG: 0,8568 kA [Calcular](#)

Incremento de potencial

GPR: 1793,93 V (Incremento de potencial en la malla)

Voltaje de malla

Em: 273,73 V (Voltaje de la malla en falla)

Voltaje de paso

Es: 177,67 V

El Diseño cumple con la norma

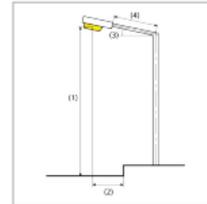
Anexo K. Resultados del Análisis de Iluminación

Calle 1

Resumen (hacia EN 13201:2015)

RFL540-SE [S60] IP66:LED-48/96W/3K + LS180 (bilateral en alternancia)

Distancia entre mástiles	35.000 m
(1) Altura de punto de luz	10.000 m
(2) Saliente del punto de luz	0.000 m
(3) Inclinación del brazo	0.0°
(4) Longitud del brazo	1.000 m
Horas de trabajo anuales	4000 h: 100.0 %, 105.5 W
Consumo	6119.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensidad lumínica máx Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	≥ 70°: 554 cd/klm ≥ 80°: 105 cd/klm ≥ 90°: 0.00 cd/klm
Clase de potencia lumínica Los valores de intensidad lumínica en [cd/klm] para el cálculo de la clase de potencia lumínica se refieren al flujo luminoso de luminaria conforme a EN 13201:2015.	G*2
Clase de índice de deslumbramiento	D.4
MF	0.80



Calle 1

Resumen (hacia EN 13201:2015)

