

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
MEDIO Y BAJO VOLTAJE SECTOR COMERCIAL DE LA CIUDAD DE
IBARRA.**

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento
Eléctrico

AUTOR(A):

Paguay Cuasapaz Enrique Alejandro

DIRECTOR(A):

MSc. Arellano Bastidas Olger Gilberto

Ibarra, 2021



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:	DE	0401916119	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Paguay Cuasapaz Enrique Alejandro	
DIRECCIÓN:		Calle Otavalo y 13 de Abril, Ibarra	
EMAIL:		eapaguayc@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0961170275

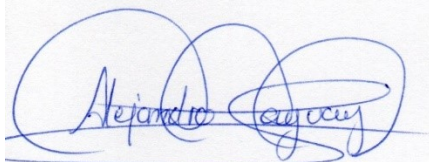
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	PROPUESTA TÉCNICA PARA EL SOTERRAMIENTO DE LA RED DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE SECTOR COMERCIAL DE LA CIUDAD DE IBARRA.
AUTOR (ES):	Paguay Cuasapaz Enrique Alejandro
FECHA: DD/MM/AAAA	18/10/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Arellano Bastidas Olger Gilberto

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta 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 el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días del mes de octubre de 2021

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alejandro Cuasapaz', with a horizontal line drawn underneath it.

Paguay Cuasapaz Enrique Alejandro

C.I. 0401916119



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

MSc. Olger Arellano.

CERTIFICACIÓN

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Paguay Cuasapaz Enrique Alejandro, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **“PROPUESTA TÉCNICA PARA EL SOTERRAMIENTO DE LA RED DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE SECTOR COMERCIAL DE LA CIUDAD DE IBARRA”**. Para la obtención de título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la defensa, impresión y empastado.



firmado electrónicamente por:
**OLGER GILBERTO
ARELLANO
BASTIDAS**

MSc. Olger Arellano

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

Agradecimiento

A la Universidad Técnica del Norte por abrirme las puertas y permitirme estudiar para cumplir con este objetivo.

Agradezco a la Carrera de ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, a todo su personal docente y administrativo que con sus enseñanzas y consejos fueron quienes guiaron cada paso dentro de este proceso.

A mi madre, Narciza Cuasapaz, quien con su ternura y sacrificio siempre estuvo pendiente de mí, siendo siempre una luz donde encontré apoyo cuando fue necesario, y me impulso a ser siempre mejor.

Mi más sincero sentimiento de gratitud al Ing. Olger Arellano, tutor de este trabajo, por su tiempo, paciencia y consejos que contribuyeron al desarrollo de este proyecto.

Agradezco a mis compañeros, que compartieron muchos momentos dentro de este tiempo que coincidimos dentro y fuera de las aulas.

A mis amigos, con los cuales aprendí a disfrutar la eternidad de cada segundo, a compartir mis sueños, mis preocupaciones, con quienes pude hablar de lo banal y lo profundo, descubriendo diferentes rumbos.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre, quien fue mi fiel compañía, tan sincera e incondicional, la persona encargada de que no pierda mi camino, a quien acudo si algo falla. todo este esfuerzo y sacrificio es por regalarle una alegría a esta gran mujer.

De manera especial dedico este trabajo a mis hermanas, Estefanía, Lidia, Mishel, demostrándoles que todo se puede lograr no importa lo difícil que parezca.

A mi pareja, Nathaly quien me brindo su cariño y apoyo para culminar este escalón dentro de mi vida.

Se lo dedico también a mi hijo Mateo, quien es mi inspiración en el día a día, es la fuerza que me impulsa cada mañana a levantarme y ser mejor para darle el mejor ejemplo que pueda.

Tabla de Contenido

Identificación de la obra	I
Constancia	II
Certificación	III
Agradecimiento	IV
Dedicatoria.....	V
Tabla de Contenido.....	VI
Índice de tablas.....	IX
Índice de figuras.....	X
Tabla de Anexos	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XIV
Introducción	XV
I. Planteamiento del Problema.....	XVII
II. Objetivos	XVIII
Objetivo General	XVIII
Objetivos Específicos.....	XVIII
III. Alcance.....	XIX
IV. Justificación	XX
CAPITULO 1.....	1
Revisión bibliográfica.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Conceptos	1
1.2.1. Energía Eléctrica	1
1.2.2. Sistema eléctrico	1
1.2.3. Generación de energía eléctrica	2
1.2.4. Transmisión de energía eléctrica.....	2
1.2.5. Distribución eléctrica.....	3
1.2.6. Redes Aéreas de Distribución.....	4
1.2.7. Redes subterráneas de distribución.....	5
1.2.7.1. Cables para red de Medio Voltaje.....	5
1.2.7.2. Cables para red de Bajo Voltaje	6
1.2.7.3. Banco de Ductos	7
1.2.7.4. Pozos	10
1.2.7.5. Cámaras Eléctricas	11

1.2.7.6.	Transformadores	14
a.	Transformadores tipo sumergible.....	14
b.	Transformadores tipo pedestal	15
1.2.7.7.	Transición de red aérea a subterránea.....	16
1.2.7.8.	Acometidas domiciliarias	18
1.3.	Proyección de la demanda.....	18
1.3.1.	Métodos de proyección de la demanda.....	19
1.3.1.1.	Método de proyección estadístico	19
1.3.1.2.	Método de proyección de la demanda por Inteligencia Artificial.....	19
1.3.1.3.	Método de proyección de la demanda por Microáreas	19
CAPITULO 2.....		20
Red de medio y bajo voltaje actual		20
2.	Introducción	20
2.1.	Descripción de la Zona de Estudio	20
2.2.	Descripción de la demanda.....	23
CAPITULO 3.....		37
Dimensionamiento y diseño de la nueva red de medio y bajo voltaje		37
3.	Introducción	37
3.1.	Proyección de la demanda	37
3.2.	Demanda coincidente.....	37
3.3.	Factor de coincidencia.....	38
3.4.	Demanda máxima	39
3.5.	Demanda coincidente total	40
3.6.	Carga instalada	41
3.7.	Cálculo de la proyección de la demanda	41
3.8.	Zonificación y uso de suelo	42
3.9.	Diseño de red de medio, bajo voltaje y alumbrado publico	44
3.9.1.	Demanda de diseño de transformadores	44
3.9.2.	Obra Civil.....	47
3.9.2.1.	Canalizaciones	47
3.9.2.2.	Diseño de Pozos	49
3.9.2.3.	Diseño de iluminación	52
3.10.	Diseño de Red de bajo voltaje	54
3.10.1.	Caída de Voltaje.....	54
3.11.	Diseño de la red de medio voltaje	56
3.11.1.	Flujo de carga	57
3.11.2.	Transferencia de carga	61

3.12. Descripción de estructuras.....	62
Conclusiones.....	66
Recomendaciones.....	67
Referencias.....	68

Índice de tablas

TABLA 1. Potencia Nominal y Efectiva por tipo de fuente	2
TABLA 2. Características principales de un cable de red para MV según el MEER	6
TABLA 3. Características de un cable de red para BV según el MEER	7
TABLA 4. Profundidad mínima de Banco de Ductos	8
TABLA 5. Ductos y tubería metálica para emplear en las canalizaciones y transiciones	9
TABLA 6. Configuración de banco de ductos.....	9
TABLA 7. Dimensiones y tipos de pozos según el MEER	10
TABLA 8. Dimensiones mínimas de una cámara eléctrica.	12
TABLA 9. Resistencia del hormigón para cámaras eléctricas.	12
TABLA 10. Descripción de postes.....	22
TABLA 11. Transformadores ubicados en la zona de estudio	22
TABLA 12. Luminarias Ubicadas en la zona de estudio	22
TABLA 13. Estructuras montadas en postes.....	23
TABLA 14 . Transformadores del circuito 1300100T01 en la zona de estudio	25
TABLA 15. Usuarios de un poste	26
TABLA 16. Transformadores del Circuito 1300080T03	26
TABLA 17. Mediciones mensuales de cabecera del Alimentador 1300100T01	27
TABLA 18 . Mediciones mensuales de cabecera del Alimentador 1300080T03	28
TABLA 19. Resultados de la simulación TF 7205	29
TABLA 20. Calculo promedio por micro áreas.....	29
TABLA 21. Promedio Potencia consumida por micro áreas	32
TABLA 22. Factor de coincidencia de 1 - 4 abonados.....	39
TABLA 23. Cálculos de demandas de usuarios en micro área 1	40
TABLA 24. Índice de Saturación	44
TABLA 25. Clasificación de Estratos de Consumo.....	45
TABLA 26. Centros de transformación.....	46
TABLA 27. Clases de alumbrado para diferentes tipos de vías públicas	52
TABLA 28. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas	52
TABLA 29. Resultados Dialux para Calzada M2	53
TABLA 30. Resultados Dialux para Aceras P1	53
TABLA 31. Detalles Centro de transformación 1.	55
TABLA 32. Caídas de Voltaje.....	55
TABLA 33. Lista de materiales para Canalización.....	62
TABLA 34. Lista de materiales Tipo C	63
TABLA 35. Transición de redes aéreas a subterráneas	64

Índice de figuras

Fig. 1 Cable para MV.	6
Fig 2. Separadores de tubería PVC	7
Fig. 3 Banco de ductos	9
Fig. 4. Pozos eléctricos.....	11
Fig. 5. Ubicación de luminarias dentro de cámaras eléctricas	13
Fig. 6 Transformador tipo sumergible.....	15
Fig. 7. Transformador tipo Pedestal	15
Fig. 8 Distancias mínimas de seguridad.....	16
Fig. 9 Transición área a subterránea.....	17
Fig. 10. Zona de estudio	20
Fig. 11. Vista Base de datos ArcGIS	21
Fig. 12 Distribución de usuarios y transformadores.....	24
Fig. 13. Alimentadores y Micro áreas	25
Fig. 14. Micro Áreas	28
Fig. 15 Tuberías de distribución de agua potable	33
Fig. 16. Planimetría del sistema de alcantarillado	34
Fig. 17. Planimetría para la distribución de agua Potable.....	35
Fig. 18. Planimetría de redes de telecomunicaciones soterradas (Fuente CNT)	36
Fig. 19. Zonificación Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (Fuente GAD Ibarra)...	42
Fig. 20. Estratos de Zona de Estudio	45
Fig. 21. Demanda de diseño de Transformador CT1.	46
Fig. 22. Diseño de zanja para medio y bajo voltaje.	48
Fig. 23. Diseño de zanja de medio y bajo voltaje en 3D	48
Fig. 24. Vista superior de un pozo tipo C.....	49
Fig. 25. Corte lateral diseño de pozo tipo C.	49
Fig. 26. Diseño de pozo tipo C en 3D.....	50
Fig. 27. Tapón de ductos para cables	50
Fig. 28. Tapón ciego para canalizaciones vacías.....	51
Fig. 29. Tapa Metálica.....	51
Fig. 30. Simulación Dialux.....	54
Fig. 31. Diseño de la red	54
Fig. 32. Circuito CT1	55
Fig. 33. Mapa de la Zona de Estudio en Cyme.....	57
Fig. 34. Selección del Conductor CYME	57
Fig. 35. Selección del Transformador CYME	58

Fig. 36. Cargas Concentradas CYME	58
Fig. 37. Configuración de cargas concentradas CYME.	59
Fig. 38. Configuración de la Fuente CYME.	59
Fig. 39. Datos de la demanda dentro de la fuente del alimentador.....	60
Fig. 40. Resultados de Flujo de Carga.	60
Fig. 41. Conexión para transferencia de carga.....	61
Fig. 42. Transferencia de Carga al Circuito Ajavi 1.	61
Fig. 43. Transferencia de Carga al Circuito Ajavi 2.	62

Tabla de Anexos

Anexo 1. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 1	70
Anexo 2. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 2.	71
Anexo 3. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 3.	73
Anexo 4. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 4.	75
Anexo 5. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 5.	76
Anexo 6. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 6	77
Anexo 7. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 7	80
Anexo 8. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 8.	83
Anexo 9. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 9.	85
Anexo 10. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 10.	87
Anexo 11. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 11.	89
Anexo 12. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 12	90
Anexo 13. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 13	92
Anexo 14. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 14.	94
Anexo 15. Demanda de diseño del Transformador 1	96
Anexo 16. Demanda de diseño del Transformador 2	97
Anexo 17. Demanda de diseño del Transformador 3	98
Anexo 18. Demanda de diseño del Transformador 4	99
Anexo 19. Demanda de diseño del Transformador 5	100
Anexo 20. Caída de Voltaje Centro de transformación 1	101
Anexo 21. Caída de Voltaje Centro de transformación 2.....	103
Anexo 22. Caída de Voltaje Centro de transformación 3.....	106
Anexo 23. Caída de Voltaje Centro de transformación 4.....	108
Anexo 24. Caída de Voltaje Centro de transformación 5.....	110

RESUMEN

La energía eléctrica es un recurso que todos utilizamos en nuestra vida cotidiana, no importa el ámbito en el que nos desarrollemos. Para que eso sea posible existen redes eléctricas que transportan la energía desde la fuente de generación hasta los usuarios finales. Dentro de estos sistemas de distribución de redes eléctricas existen redes aéreas y redes subterráneas. Las redes aéreas de distribución son las que más se utilizan en nuestro medio, pero estas también constituyen un riesgo para los usuarios que se encuentran cerca, pueden causar lesiones graves, daños y causar cortes del suministro eléctrico si algo o alguien entra en contacto con algunos de los equipos que la componen. El presente estudio tiene como objetivo el rediseño de una parte de la red de distribución aérea del centro de la ciudad de Ibarra y cambiar a subterránea la disposición de los diferentes equipos los cuales brindan más seguridad. Para esto se realiza un diagnóstico de la red actual de la zona de estudio, analizando los equipos instalados, la carga eléctrica, cantidad de usuarios, flujos de carga entre otros parámetros que contribuyen a obtener una idea de las características que presenta en dicha zona, para esto se utiliza los programas que posee la Empresa eléctrica regional norte (EMELNORTE); ArcGis, que es una base de datos georreferenciada donde se encuentra gran parte de la información del circuito, y CYMDIST, para realizar simulaciones eléctricas de la red. A partir de estos datos se procede a realizar el diseño de la red en medio, bajo voltaje y alumbrado público en AutoCAD, teniendo en cuenta las especificaciones que marcan los diferentes entes reguladores y la empresa Distribuidora de la zona. El nuevo circuito diseñado también se somete a simulaciones de flujos y transferencia de carga a través del software Cymdist, para analizar su comportamiento y definir los equipos a utilizar.

Palabras clave: red de distribución, alumbrado público, red de medio voltaje, red de bajo voltaje, alumbrado público, red eléctrica subterránea, flujo de carga.

ABSTRACT

Electric energy is a resource that we all use in our daily lives, no matter the environment in which we develop. To make this possible, there are electrical networks that transport energy from the source of generation to the end users. Within these electrical network distribution systems there are overhead networks and underground networks. Overhead distribution networks are the most used in our environment, but they also constitute a risk for users who are nearby, they can cause serious injuries, damage and cause power outages if something or someone comes into contact with some of the teams that compose it. The present study aims to redesign a part of the air distribution network in the center of the city of Ibarra and change the arrangement of the different equipment to underground, which provides more security. For this, a diagnosis of the current network of the study area is carried out, analyzing the installed equipment, the electrical load, number of users, load flows among other parameters that contribute to obtain an idea of the characteristics that it presents in said area. For this, the programs of the North Regional Electric Company (EMELNORTE) are used; ArcGis, which is a georeferenced database where much of the circuit information is located, and CYMDIST, to perform electrical simulations of the network. Based on these data, the design of the network in medium, low voltage and public lighting is carried out in AutoCAD, taking into account the specifications set by the different regulatory entities and the Distribution company in the area. The new designed circuit is also subjected to flow simulations and load transfer through Cymdist software, to analyze its behavior and define the equipment to be used.

Keywords: distribution network, public lighting, medium-voltage network, low-voltage network, public lighting, underground electrical network, load flow.

Introducción

La energía eléctrica en la actualidad se ha convertido en un elemento indispensable en la vida cotidiana de toda la sociedad, está presente en el trabajo, en las labores domésticas, educación, y hasta en el transporte, y muchas más (Aponte, 2012). Es así como gracias a las empresas de transmisión y distribución llega la energía desde el punto de generación hasta el punto de consumo. Para este proceso es necesario el uso de redes eléctricas para el transporte y distribución de estas (Castaño, 2012).

A nivel mundial se ha fortalecido la tendencia del cambio a conductores soterrados en reemplazo de las líneas aéreas, debido a las ventajas que estas traen, ya sea por seguridad, estética, etc. De esta manera grandes ciudades a nivel mundial han implementado esta configuración de los conductores con resultados mejor de los esperados, reduciendo también las conexiones clandestinas, lo cual contribuye a mayor eficiencia y menos pérdidas en dichos sistemas (Sánchez, 2017).

A nivel latinoamericano varios países han optado por esta opción, aunque no totalmente debido a la gran inversión inicial que representa, pues es un costo muy elevado para países en vías de desarrollo, Costa Rica, por ejemplo, este país cuenta con un manual establecido para la construcción de redes subterráneas. Hay que tener en cuenta en estas construcciones el beneficio costo a largo tiempo, debido a que con el pasar de los años se ahorrara bastante en mantenimiento y fallas, al contrario de las redes aéreas que frecuentemente tienen interrupciones debido a averías externas (Instituto Costarricense de Electricidad, 2006).

En nuestro país, no podía ser de otra manera y también ha llamado la atención esta tendencia, tomando como principales enfoques los parques y centros históricos de varias ciudades a nivel nacional. Pero también se lo ha realizado en proyectos urbanísticos, comerciales e industriales, debido a las ventajas que este esquema presenta con respecto a otros (ARCONEL, 2019).

De esta manera en la ciudad de Ibarra se tiene conductores subterráneos en parques como el Pedro Moncayo y el parque Ciudad Blanca, principalmente y también en algunas calles importantes de la ciudad. Pero en la zona central comprendida entre las avenidas Pérez guerrero, Sánchez y Cifuentes, calle Colón, pertenecientes al centro de la ciudad, la cual es centro de diversos locales comerciales y también del tránsito de cientos de personas ya sea locales y turistas, todavía se tiene el problema de las redes aéreas conocidas vulgarmente como telarañas, especialmente de redes de telecomunicaciones, las cuales le dan una mala estética a la ciudad, y en ocasiones por averías no previstas cortan el suministro de energía.

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable actualmente Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables sostiene que las redes subterráneas cumplen con los objetivos generales de modernización de estructuras, brindan mayor flexibilidad, seguridad, capacidad, confiabilidad de servicio y la limpieza que estas instalaciones proporcionan al medio ambiente (MEER, 2016).

I. Planteamiento del Problema.

En el centro de la ciudad de Ibarra actualmente se compone de redes eléctricas aéreas ubicadas sobre postes de hormigón, y de la misma manera sobre estos postes también están tendidos cables de teléfono, televisión, fibra de internet, entre otros dando como resultado una clara contaminación visual, además de un peso extra para los postes causando que algunos de ellos se encuentren inclinados o torcidos.

También podemos evidenciar el riesgo presente de que los conductores de la red de medio y bajo voltaje puedan tener contacto directo con la fachada de las casas y edificios y esto puede causar graves accidentes.

Debido a la creciente demanda de la zona se puede evidenciar la instalación de nuevas acometidas y transformadores, demostrando de esta manera que la distribución de carga ya no es la misma que cuando se instaló el circuito.

El mantenimiento de esta red causa también malestar, pues cuando se realiza un cambio o mantenimiento de los implementos que componen el circuito es necesario realizar cierre de vías, y al encontrarse una zona muy transitada causa congestión vehicular y peatonal.

¿Cómo desarrollar una propuesta técnica para reducir el nivel de contaminación visual, inseguridad, distribución homogénea de la red aérea de medio y bajo voltaje del centro de la ciudad de Ibarra?

II. Objetivos

Objetivo General

Realizar una propuesta técnica para el soterramiento de la red de medio y bajo voltaje en la av. Pérez Guerrero y las calles Colón, Velasco, Sánchez y Cifuentes y Bolívar de la ciudad de Ibarra, mediante la utilización de la normativa del Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables para la distribución homogénea de carga y reducir la contaminación visual.

Objetivos Específicos

- Describir las metodologías del soterramiento y su marco legal.

- Realizar el diagnóstico de la red eléctrica de distribución actual en la zona de estudio.

- Realizar la propuesta técnica para el diseño de la red eléctrica en medio y bajo voltaje.

III. Alcance

A través de este estudio se diseñará el sistema eléctrico soterrado en función de las unidades de propiedad que fueron propuestas por el Ministerio de Electricidad y Recursos Naturales no Renovables, que promueve la homologación y la exigencia de estándares internacionales del sector, y de esta manera brindar seguridad y comodidad en la ubicación de conductores, puestos de transformación y postes para el alumbrado (MERNR, 2018). Para el centro de la ciudad de Ibarra, comprendido entre las calles: Av. Pérez Guerrero desde la calle Sánchez y Cifuentes hasta la calle Bolívar, calle Colón desde la calle Sánchez y Cifuentes hasta la calle Bolívar, calle Velasco desde la calle Sánchez y Cifuentes hasta la calle Bolívar.

Se realizará la propuesta técnica con el apoyo de los softwares ARCGIS y CYME los cuales brindan información para el diagnóstico del estado actual de la red que determinaran el punto de partida de la investigación.

Esta propuesta está basada en el catálogo digital para redes de distribución subterráneas de energía eléctrica presente en las unidades de propiedad emitidas por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables.

Se analizará las caídas de voltaje, conforme a los niveles de voltaje permisibles en la Regulación del ARCERNNR 02/20 para garantizar un servicio eléctrico eficiente a los abonados del sector donde se realizará el estudio, garantizando la continuidad del servicio y las protecciones que deberían utilizarse (ARCERNNR, 2020).

Este diseño es exclusivamente eléctrico, para el sistema de distribución de la ciudad de Ibarra, de esta manera para las redes de telecomunicaciones que se encuentran dispuestas actualmente sobre los postes de hormigón se les asignará un ducto en la canalización, de acuerdo con la normativa.

IV. Justificación

En nuestro país el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables es el que impulsa el diseño y construcción de nuevas líneas eléctricas subterráneas, o en su defecto soterrar las líneas existentes, con la finalidad de garantizar la seguridad de los habitantes, además de la protección al medio ambiente y como olvidarse también de la estética de las urbanizaciones de nuestro país, esto a través de técnicas, regulaciones y normativas nacionales e internacionales (MEER, 2017).

Actualmente el abastecimiento de energía en la ciudad de Ibarra está a cargo de la Empresa Eléctrica Regional Norte (EMELNORTE), quien es la encargada de la distribución de la energía eléctrica en Medio voltaje (MV), Bajo Voltaje (BV), y Alumbrado Público (AP), del Norte del País.

La importancia de este estudio radica en la necesidad de ofrecer una solución a la comunidad ibarreña, con mayor estética para esta zona que es altamente comercial y transitada diariamente. De esta manera se realiza una investigación para el dimensionamiento de los elementos presentes en el circuito en base a la regulación nacional existente.

A realizarse una propuesta técnica para el soterramiento de la red de medio y bajo voltaje también se puede realizar una redistribución de la carga del sector, pues al estar en constante variación varios equipos se encuentran subutilizados.

Debido a que los elementos que conforman una red eléctrica subterránea se encuentran fuera del alcance de la vista y contacto, estas ofrecen un grado de seguridad más elevado que las aéreas.

CAPITULO 1

Revisión bibliográfica

1.1. Antecedentes

Actualmente dependemos de la tecnología, aparatos que hacen más fácil nuestras vidas, estos a su vez dependen en gran parte de la energía eléctrica para su funcionamiento. Esto es gracias al descubrimiento que realizaron hombres como Michael Faraday y Nikola Tesla, quienes plantearon las bases para el desarrollo de la generación de energía.

Michael Faraday en 1831 planteó importantes descubrimientos que apoyaron al concepto básico de la generación de electricidad, esta plantea que “un campo magnético puede producir una corriente eléctrica pero siempre que algo este variando en el tiempo” (Ronquillo, 2016, pág. 1). Por su parte, Tesla en 1891 contribuyó con el desarrollo de la corriente alterna a través de su invento conocido como la bobina de Tesla, la cual produce descargas eléctricas.

En la década de 1890 se dio otro gran paso para la distribución de energía; Thomas Edison en la Pearl Street Station puso en funcionamiento la primera central eléctrica de Nueva York con un conjunto de generadores conectados en paralelo, iluminando 85 hogares, tiendas y oficinas (Ronquillo, 2016). Esta generadora proporcionaba corriente continua a 100 V y utilizaba conductores de cobre bastante grandes para reducir las pérdidas debido al bajo voltaje. De esta manera se impulsó el desarrollo y utilización de motores eléctricos, lo que a su vez permitió un gran desarrollo dentro de la industria.

1.2. Conceptos

1.2.1. Energía Eléctrica

Según Arboledas “La electricidad (...) es un fenómeno físico que presenta su origen en las cargas eléctricas y se manifiesta en fenómenos térmicos (estufas, hornos), mecánicos (motores eléctricos), luminosos(luz), y químicos (cargadores de pilas, electrolisis), entre otros.” (Arboledas Brihuega, 2014, pág. 15).

1.2.2. Sistema eléctrico

“Un sistema eléctrico de potencia incluye las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, y su función primordial es la de llevar esta energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo y por último entregarla

al usuario en forma segura y con los niveles de calidad exigidos” (Ramirez Castaño, 2004, pág. 2) .

1.2.3. Generación de energía eléctrica

La electricidad puede ser producida por varias formas como ejemplo podemos citar la electricidad estática, por vibración o presión, por luz o calor, por reacciones químicas y por centrales eléctricas de energías renovables.

Dentro de un sistema eléctrico se encuentra el subsistema de generación, donde tenemos todas las centrales que abastecen de energía a un país, estas pueden ser renovables, no renovables, sin importar la potencia de cada una. “Una instalación eléctrica es, esencialmente una instalación capaz de convertir, a escala industrial, la energía mecánica obtenida mediante otras fuentes de energía primaria, renovables o no, en energía eléctrica que consumiremos en nuestros hogares e industrias “ (Arboledas Brihuega, 2014, pág. 31)

En nuestro país dentro de las fuentes de generación se encuentran centrales hidroeléctricas, fotovoltaicas, eólicas, termoeléctricas, centrales térmicas(ARCONEL, 2018).

De esta manera la generación en nuestro país según la estadística anual más reciente que es la del 2018 se encuentra dividida como se muestra en la TABLA 1.

TABLA 1.
Potencia Nominal y Efectiva por tipo de fuente
Fuente: Estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano 2019.

Tipo de Fuente	Tipo de Central	Tipo de Unidad	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva	
				(MW)	%
Renovable	Hidráulica	Hidráulica	5.076,40	5.046,63	62,51
	Biomasa	Turbovapor	144,30	136,40	1,69
	Fotovoltaica	Fotovoltaica	27,63	26,74	0,33
	Eólica	Eólica	21,15	21,15	0,26
	Biogás	MCI	7,26	6,50	0,08
Total Renovable			5.276,74	5.237,42	64,88
No Renovable	Térmica	MCI	2.024,80	1.628,34	20,17
		Turbogás	921,85	775,55	9,61
		Turbovapor	461,63	431,50	5,35
Total No Renovable			3.408,27	2.835,39	35,12
Total general			8.685,01	8.072,81	100,00

1.2.4. Transmisión de energía eléctrica.

En esta etapa la energía producida en centrales es transportada hacia los centros poblacionales para su posterior distribución y consumo. (Espinosa, 2016). “Se inicia en las subestaciones transformadoras elevadoras de las centrales generadoras, y a través de las

líneas de transporte, llega a las subestaciones de transformación reductoras” (Espinosa, 2016, pág. 4)

Una subestación constituye un punto de partida como de llegada de una red eléctrica. “Allí se ubican los equipos que permiten conectar y desconectar líneas, transformadores y/o generadores (...), así como también los equipos de protección control y medida” (Brokering Christie, Palma Benke, & Vargas Díaz , 2008, pág. 15).

Además, también se cuenta con líneas de distribución por donde circula a energía, “las constituyen tanto los conductores eléctricos como los elementos destinados a la sujeción y protección empleados en el transporte de energía eléctrica “ (Espinosa, 2016, pág. 5)

De esta manera en Ecuador las líneas de transmisión están administradas por la empresa CELEC EP – Transelectric.” El transmisor operó líneas a niveles de voltaje de 500, 230 y 138 kV. A simple circuito se registró un total de 60 líneas con 3.508,25 km de longitud; y, a doble circuito un total de 39 líneas con 2.654,01 km. Adicionalmente se registraron cuatro líneas para interconexión, 3 con Colombia y 1 con Perú”. (ARCONEL, 2018, pág. 16)

De igual manera se tienen también líneas de subtransmisión las cuales operan generalmente a 69 kV.

1.2.5. Distribución eléctrica

Es aquí donde desembocan las redes de transmisión, allí podemos encontrar conductores, equipos de sujeción, protección y maniobra que realizan funciones de distribución, se encuentran también los equipos necesarios para la reducción del voltaje para que pueda ser utilizado por los usuarios. (Espinosa, 2016).

Se cree que aproximadamente un poco más de la mitad de la inversión total para la construcción de un sistema eléctrico está destinado al sistema de distribución. Esto se debe a la gran cantidad de infraestructura que se necesitan, además de un diseño y operación más delicados, es así como se tiene una tarea compleja y de la misma manera esta tiene gran importancia para el funcionamiento correcto del sistema. (Ramirez Castaño, 2004)

Un sistema de distribución suministra energía para que pueda ser utilizada por usuarios doméstico e industriales y también comerciales. (Acosta Montoya , 2014). Puede estar conformado por elementos como subestaciones de distribución, alimentadores primarios, transformadores de distribución, circuitos secundarios entre otros servicios (Luminarias, Medidores, Acometidas).

Se denomina alimentador primario o redes en medio voltaje a una red que transmite energía desde las subestaciones de distribución hasta los transformadores de distribución. En nuestro país “las empresas distribuidoras operan redes primarias monofásicas, bifásicas y trifásicas a niveles de 6,3; 13,2; 13,8; 22; 22,8 y 34,5 kV” (ARCONEL, 2018, pág. 17).

Los transformadores de distribución son aparatos que reducen el voltaje del alimentador primario a voltajes que pueden ser utilizados por los usuarios finales. Por lo general están entre 120/240 en monofásico y 220/127 para trifásico.

Las redes eléctricas de distribución pueden ser aéreas o subterráneas dependiendo de su disposición.

1.2.6. Redes Aéreas de Distribución

Una red aérea de distribución puede definirse como el conjunto de conductores sujetos en el aire montados sobre soportes mecánicos y eléctricos que logran el aislamiento necesario entre los conductores y la tierra (García Trasancos , 2011).

Es la más común en nuestro medio, por ofrecer beneficios como un costo inicial más bajo, fallas más fáciles de encontrar, mantenimiento sencillo, etc. Entre los materiales que suele tener este tipo de redes podemos encontrar:

Postes, generalmente de hormigón, aunque también se pueden encontrar de otro tipo, fibra de vidrio para lugares especiales.

Conductores, los de alma de aluminio desnudo con alma de acero son los más utilizados, estos pueden estar montados en redes abiertas y también en preensambladas de con calibres de 4/0; 3/0; 2/0; 1/0; 2 AWG, dependiendo del voltaje de operación y la distancia que deben recorrer.

Herrajes de acero galvanizado para la sujeción de los distintos elementos como por ejemplo grapas, varillas de anclaje, tornillos, etc.

Crucetas de acero galvanizado y de ángulo con diversas medidas para sobre ellas montar las estructuras de soporte y sujeción de los conductores.

Aisladores poliméricos y cerámicos, que son utilizados de acuerdo con el nivel de voltaje que circula por los conductores.

Equipos de seccionamiento que permiten maniobra en los circuitos para poder operar sin carga.

Transformadores monofásicos y trifásicos para la adecuación de los voltajes para que puedan ser utilizados por los usuarios finales, entre las potencias de estos aparatos tenemos

15kVA;25 kVA; 30 kVA; 37,5 kVA; 50 kVA; entre otros. De aquí se derivan los circuitos o redes secundarias, “A nivel nacional, la longitud de estas alcanzó los 96.790,53 km distribuidas de la siguiente manera: 83.034,97 km de red monofásica; 8.678,26 km de red bifásica; y, 5.077,29 km de red trifásica” (ARCERNNR, 2019).

Cada uno de los equipos y herramientas mencionados anteriormente se utilizan de acuerdo con las características de la zona donde serán instalados.

1.2.7. Redes subterráneas de distribución.

Una red subterránea de distribución cumple la misma función que las aéreas, solo que con diferentes características. La red subterránea es la que podemos encontrar dentro de zanjas, conductos o recintos que se encuentran bajo tierra.

En este tipo de redes se utiliza postes que únicamente para instalar luminarias, a diferencia de las anteriores que también se utilizaban para el soporte y sujeción del cableado y estructuras.

Las redes subterráneas pueden ser utilizadas para la distribución en media y baja tensión en centros urbanos de alta y media densidad poblacional por parte de las compañías distribuidoras pueden ser utilizadas también para instalaciones industriales, universidades, nuevas urbanizaciones, entre otros (Espinosa, 2016).

Según la forma de instalación las redes subterráneas de distribución pueden ser: directamente enterradas, en canalizaciones entubadas en galerías visibles o registrables, en canales revisables, en bandejas, soportes para sostén de cables o directamente sujetos a la pared (Espinosa, 2016).

El Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, junto con varias empresas distribuidoras de energía realiza una homologación vigente desde el año 2013 para unificar unidades constructivas, especificaciones técnicas, codificación, etc. De esta manera se utilizan canalizaciones entubadas para este tipo de redes de distribución. Dentro de esta homologación podemos encontrar las especificaciones de: banco de ductos, pozos, cámaras eléctricas, transformadores, seccionamiento y protección, tableros de distribución en bajo voltaje.

Para la construcción de este tipo de redes se utilizan materiales como:

1.2.7.1. Cables para red de Medio Voltaje.

De acuerdo con la sección 2 de la “Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas” el

sistema de distribución subterráneo 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.

Polietileno reticulado termo estable o XLPE es un tipo de material parecido al PVC, se utiliza para tuberías de suministro de servicios, sistemas de calefacción y aislamiento de alta tensión para cables eléctricos. Este material a diferencia del PVC es termoestable, es decir que al calentarse no pierde su forma ni sus propiedades mecánicas.

Por su parte, el TRXLPE es una variante del material anterior con aditivos retardantes de árbol lo que ayuda a una menor pérdida dieléctrica. La absorberencia contribuye de manera considerable a la vida útil de los cables.

Las características principales Se detallan en la TABLA 2 y la Fig. 1.

TABLA 2.
Características principales de un cable de red para MV según el MEER
Fuente. Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

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

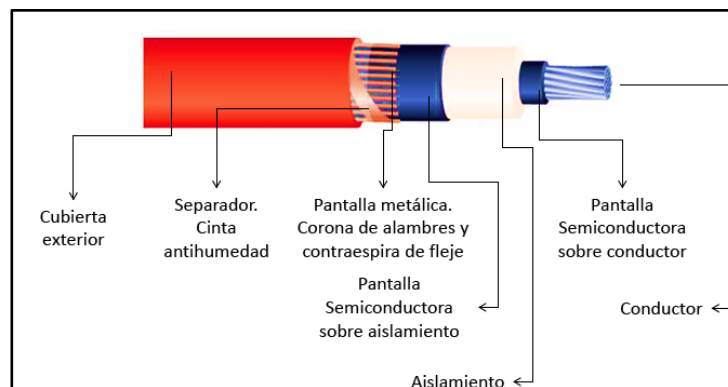


Fig. 1 Cable para MV.
Fuente: Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

1.2.7.2. Cables para red de Bajo Voltaje

Según la misma homologación para redes secundarias subterráneas se utilizan cables con conductor de cobre con aislamiento de 2.000 V con polietileno (PE) y chaqueta de policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad, como se muestra en la TABLA 3.

TABLA 3.
Características de un cable de red para BV según el MEER
 Fuente: Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

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

1.2.7.3. Banco de Ductos

Un banco de ductos pertenece a la obra civil del proyecto, es una estructura para redes subterráneas que facilita el alojamiento de los conductores con el fin de proveer seguridad para usuarios y materiales utilizados. Estos deben tener algunas características para brindar la seguridad y confiabilidad que se espera.

Dentro de estos debe utilizarse separadores de tubería de PVC, Fig. 2, que se encuentran a cierta distancia unos de otros de manera horizontal dependiendo del tipo detallado en las especificaciones que se tienen en la documentación de la homologación, y una separación mínima entre los ductos de 5 cm.

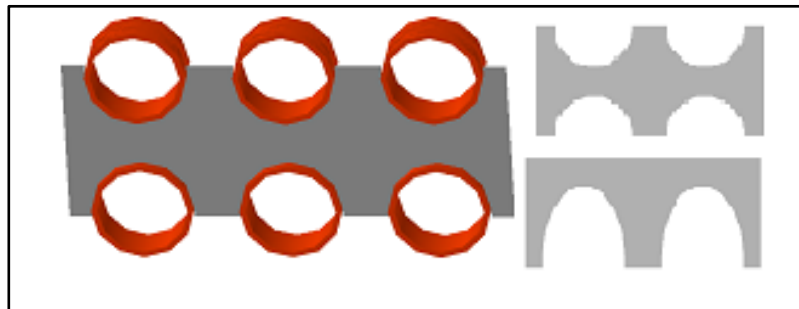


Fig 2. Separadores de tubería PVC
 Fuente: Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

Dentro de un ducto es importante mencionar el material de relleno que varía si el banco de ductos estará instalado debajo de una acera o de una calzada.

Para un ducto instalado debajo de una acera el relleno será arena y opcionalmente de hormigón de 140 Kg/cm² de requerirse una mayor resistencia mecánica. Con un fondo uniforme sobre el cual se coloca una capa también uniforme de 5cm de ripio o arena, dependiendo del material de relleno y sobre los cuales se colocarán los ductos. Con capas del material de relleno entre los ductos, además de una capa de 10 cm por encima del último ducto. Después de la capa de 10 cm sobre el ducto final irá una capa de 20 cm de material de relleno (libre de piedra) compactado manualmente, la siguiente capa de 10 cm será compactada en forma mecánica, luego de esto se colocará una capa de 10 cm de sub-base compactada (arena o ripio) que depende del material de terminado de la acera si es adoquín u hormigón respectivamente.

Cuando el banco de ductos esté instalado bajo las calzadas el material de relleno deberá ser de hormigón con resistencia mínimo de 180 Kg/cm², hasta 10 cm por encima del ducto superior. Sobre el banco de ductos se colocará material de relleno (libre de piedra) dos capas de 25 cm compactado en forma mecánica, luego de esto se colocará una capa de 10 cm de sub-base compactada (arena, ripio o lastre) conforme al material de la calzada mencionado anteriormente.

Se debe tener en cuenta que un banco de ductos eléctrico debe estar mínimo a 25cm horizontalmente de otros servicios, y no se instalará ductos por encima o debajo de otros servicios, en casos excepcionales la distancia será la misma que horizontalmente.

Con respecto a la parte superior de un ducto deberá tener una profundidad mínima de acuerdo con la TABLA 4.

TABLA 4.
Profundidad mínima de Banco de Ductos
Fuente: Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

Localización	Profundidad mínima (m)
En lugares no transitados por vehículos	0.6
En lugares transitados por vehículos	0.8

El ancho de la zanja está dado por la ecuación:

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

Ecuación 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).

Para indicar la existencia de ductos se debe colocar cinta de señalización sobre toda la trayectoria de los ductos. Es necesario situar la cinta a 20 cm medidos desde el nivel del piso. Si el ancho de la zanja es menor a 0.5 m se pondrá una cinta, caso contrario se colocarán dos cintas. La cinta debe contener, señal de advertencia de peligro de riesgo

eléctrico. (ISO 3864), leyenda de advertencia de la presencia de cables eléctricos, logotipo de la empresa distribuidora.

Los ductos serán tubos de PVC según la Norma NTE INEN 2227 y NTE INEN 1869 de pared estructurada e interior lisa tipo B para red de MV y BV (diámetro de 110 y 160 mm) y tubo PVC del tipo II pesado para alumbrado público y acometidas domiciliarias (diámetro 50 mm), TABLA 5.

TABLA 5.
Ductos y tubería metálica para emplear en las canalizaciones y transiciones
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)	Tensión (kV)	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

Para indicar la configuración de ductos dentro de una zanja se tendrá en cuenta de acuerdo con el número de filas por el número de columnas como ilustra la TABLA 6.

TABLA 6.
Configuración de banco 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	

En la Fig. 3 se muestra la zanja con las canalizaciones y el banco de ductos.

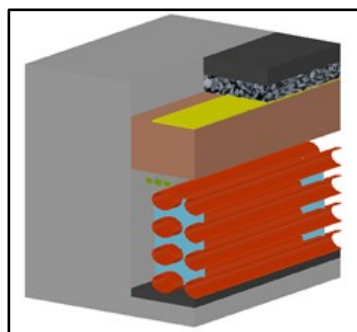


Fig. 3 Banco de ductos
Fuente: Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

1.2.7.4. Pozos

Son estructuras que permiten la revisión, mantenimiento y localización de fallas. Se utilizarán cuando existan cambios de dirección, transición aérea a subterránea, y a lo largo de los tramos rectos del circuito a una distancia entre 30 y 60 metros dependiendo del diseño.

Según las especificaciones del MEER los pozos serán construidos con paredes de hormigón armado de 210 Kg/cm² (en calzada) o de construcción de ladrillo o bloque de hormigón pesado en acera. El espesor de la pared será como mínimo de 12 cm. Con tapas de:

Hormigón armado: Tendrá un marco y brocal metálico. El espesor de la losa de la tapa será de 70 mm (solamente para acera).

Acero dúctil o grafito esferoidal: Clase D400-400 kN (para calzada o acera).

Las dimensiones de un pozo varían de acuerdo con el tipo y según la homologación, se muestran en la TABLA 7.

TABLA 7.
Dimensiones y tipos de pozos según el MEER
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	AP MV -BV-
Tipo C	1.20	1.20	1.20	AP MV -BV-
Tipo D	1.60	1.20	1.50	AP MV -BV-
Tipo E	2.50	2.00	2.00	AP MV -BV-
<ul style="list-style-type: none"> • Las profundidades indicadas en la tabla son mínimas y podrá aumentar dependiendo de cantidad de ductos a instalarse. • Los pozos tipo C serán utilizados para derivaciones en bajo voltaje • Los pozos tipo C y D se construirán con 2 tapas que cubran el área del mismo. • En el pozo tipo E se podrán colocar módulos premoldeados para derivación y seccionamiento. Este tipo de pozo irá con una tapa de hierro esferoidal. • Los pozos tipo D y E se construirán normalmente en las esquinas 				

Estos pozos podrán ser de forma cuadrada o rectangular según el ángulo que forme con el banco de ductos, y en ocasiones podrá ser octogonal de manera que asegure un ingreso suave del banco de ductos.

El piso de los pozos podrá ser:

- Piso con hormigón y drenaje

- Piso sin hormigón y material filtrante
- Piso con hormigón y material filtrante (constituido por una loseta de hormigón con una inclinación para evacuar el agua hacia una franja sin fundir rellena de material filtrante).

Dentro de los pozos, es necesario tener soportes para evitar que los cables sufran daños por el esfuerzo mecánico al que puedan estar sometidos. Los cables deben estar suspendidos al menos a 10 cm del piso y en una ubicación que garantice su protección y permita movimiento sin que exista concentración de esfuerzos destructivos. Un pozo terminado debe ser algo parecido ala Fig. 3, su forma puede variar de acuerdo con lo detallado anteriormente.

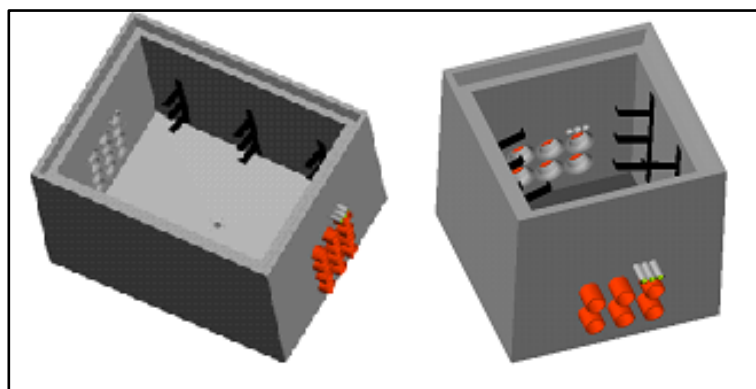


Fig. 4. Pozos eléctricos.

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

1.2.7.5. Cámaras Eléctricas

Las cámaras eléctricas son construcciones, donde se puede encontrar equipos de maniobra, protección y transformadores. Pueden ser cámaras a nivel y también subterráneas, todo depende del lugar donde vaya a instalarse.

Una cámara a nivel está construida sobre el nivel del piso y su puerta de ingreso se encuentra en sus partes laterales, mientras que una cámara subterránea está construida bajo el nivel del suelo y su ingreso es por la parte superior de la misma.

La cámara estará diseñada para uso exclusivo de energía eléctrica. Se construirá en el lugar más idóneo desde el punto de vista eléctrico, se debe tener en cuenta también las estructuras existentes en el lugar, obra civil para la cimentación, seguridad y equipamiento.

Las dimensiones en el interior de una cámara dependerán directamente de la potencia, numero de transformadores y medidas de los equipos que se instalarán. Se debe

respetar las distancias mínimas de seguridad para evitar accidentes de las personas que trabajen dentro de ellas.

Las dimensiones mínimas de una cámara con celdas o interruptores de M.V de tres vías y tablero de distribución de BV para potencias de 250 hasta 800 kVA, se dan en la TABLA 8, en función del número de transformadores y del voltaje nominal que alimenta a la cámara.

TABLA 8.
Dimensiones mínimas de una cámara eléctrica.
Fuente: Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

Numero de transformadores	Voltaje nominal de la línea de distribución en Medio Voltaje	Dimensiones mínimas (cm)		
		A	B	H
1	< 24 kV	420	540	300
2	< 24 kV	420	600	300

Ninguna cámara podrá ser inferior a estas medidas:

- Largo= 3 m
- Ancho= 2.2 m (Transformador Monofásico)
- Ancho= 3.7 m (Transformador Trifásico)
- Alto= 3 m

Los equipos para instalarse dentro de una cámara deben ser tipo sumergibles y de frente muerto, es decir ninguna pieza por la que circula corriente puede estar expuesta en la parte delantera, para brindar seguridad al personal. Los accesos deben dimensionarse, de tal manera que aseguren el fácil ingreso de personal y equipos.

Los materiales que se utilicen para la construcción de cámaras a nivel y subterráneas deben ser resistentes al fuego por un lapso de al menos 3 horas. La resistencia del hormigón debe asegurar una resistencia de 25000 Kg de peso sin sufrir ninguna deformación, TABLA 9. El techo y las paredes deben estar reforzadas con estructura de acero $f_v = 4200 \text{ Kg/cm}^2$. El piso debe tener un espesor mínimo de 10 cm.

TABLA 9.
Resistencia del hormigón para cámaras eléctricas.
Fuente: Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

Tipo de Estructura	Tipo de Concreto	f_c Resistencia
Piso	Hormigón simple	210 Kg/cm ²
Paredes	Hormigón armado	210 Kg/cm ²
Losa Superior Fija	Hormigón armado	240 Kg/cm ²
Losa Superior Móvil	Hormigón armado	240 Kg/cm ²

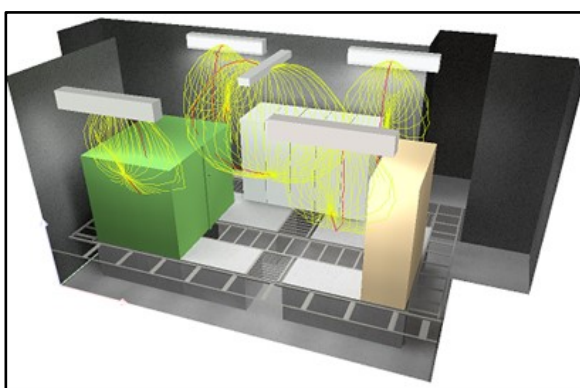
Debe tener un sistema de evacuación de agua (sistema de bombeo) en el caso de que pueda ocurrir una inundación, con el objetivo de conservar la seguridad de los equipos instalados.

Dentro de la cámara también es necesario un sistema de ventilación con el objeto de disipar el calor producido por el transformador, puede ser por aire natural o también aire forzado.

Todo equipo tipo pedestal deberá contar con una base de hormigón armado, con una resistencia mínima de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, cuyas dimensiones dependerán del equipo a instalar. La altura de la base sobre el nivel de piso terminado no debe ser menor a 10 cm. Asegurar la separación de conductores de medio y bajo voltaje mediante rejillas metálicas en el interior de los canales.

Dentro de una cámara eléctrica se dispondrá de tomacorriente (220V 20A; 110V 20A) e iluminación todo esto protegido correctamente por un interruptor automático termomagnético instalado en el tablero de distribución.

La iluminación debe tener como mínimo dos puntos de luz con un nivel medio de iluminación de 270 lux según la norma NEC 924-5, Fig. 5. Los puntos de luz estar ubicados en la losa fija o paredes, no se colocarán en las losas móviles.



*Fig. 5. Ubicación de luminarias dentro de cámaras eléctricas
Fuente: Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.*

Para seguridad de personas y equipos es indispensable la instalación de una malla de puesta a tierra a la cual estarán conectada todas las partes metálicas que no transporten corriente dentro de la cámara.

La malla de puesta a tierra debe estar construida de cable de cobre desnudo # 2/0 AWG, utilizando soldadura exotérmica, la malla de tierra se instalan varillas de 2,4 m por 5/8"

de diámetro, el número de varillas dependerá de la resistividad del suelo (debe ser menor o igual a 5 ohmios para subestaciones de MV pequeñas según norma IEEE). Dentro de una cámara eléctrica se debe a conectar a tierra:

- La pantalla metálica de los cables de MV.
- Los herrajes de soporte de los cables.
- Las celdas e interruptores de MV.
- El tanque y neutro del transformador.
- Los tableros de BV.
- Equipos de medición.
- Puertas metálicas
- Ventanas
- Rejillas
- Escaleras

1.2.7.6. Transformadores

Los transformadores que comúnmente se instalan en redes subterráneas pueden ser transformadores tipo sumergible o tipo pedestal.

a. Transformadores tipo sumergible

Este tipo de transformadores son utilizados en cámaras eléctricas subterráneas las cuales pueden sufrir inundaciones, este equipo está diseñado para que opere ocasionalmente sumergido en agua, bajo condiciones predeterminadas de presión y tiempo todas las partes vivas del transformador fusibles, instrumentos y boquillas son instalados en la parte superior del mismo.

Las características de este tipo de transformadores son: con o sin interruptor termomagnético, accesorios tipo frente muerto y aislados, tanque de acero inoxidable, totalmente sellado, cambiador de derivaciones de operación exterior con manivela de material inoxidable, boquillas de medio voltaje tipo pozo, boquillas de bajo voltaje tipo muelle, tapón combinado para drenaje y boquilla estacionaria, empaques de material elastomérico y compatibilidad con liquido aislante, soporte para boquilla estacionara como muestra la Fig. 6.

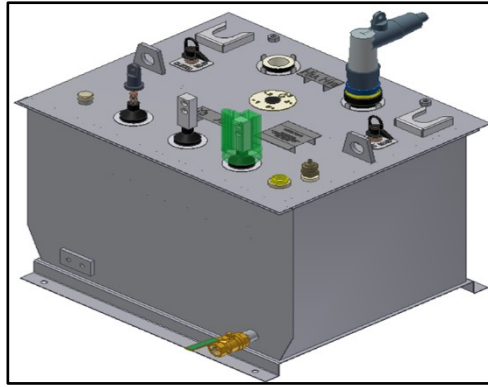


Fig. 6 Transformador tipo sumergible.

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

b. Transformadores tipo pedestal

Se trata de un equipo que se encuentra dentro de un gabinete de frente muerto, Fig. 7, estos son ubicados a la intemperie, donde la distribución en medio voltaje es subterránea, o en lugares donde no exista espacio físico para una cámara eléctrica a nivel.

Estos transformadores pueden ser tipo radial o malla dependiendo de la estructura del circuito. Los bushings deben ser de tipo elastoméricos, es decir materiales orgánicos compuesto por moléculas con capacidad de deformarse y recuperar su forma original(caucho), de accionamiento bajo carga, debe estar protegido correctamente tanto en medio como en bajo voltaje. Además, puede contar con un pararrayos dependiendo del lugar de su instalación.



Fig. 7. Transformador tipo Pedestal

Fuente: Catalogo INATRA

<https://inatra.com/transformadores-trifasicos-padmouted/>

Estos transformadores deben instalarse en lugares de fácil acceso, además de estar sobre una base de hormigón. Deben conectarse desde un equipo de seccionamiento y

protección. Deben estar en un lugar que asegure las distancias de seguridad correspondiente además del espacio suficiente para abrir puertas, operación y mantenimiento de estos, Fig. 8.

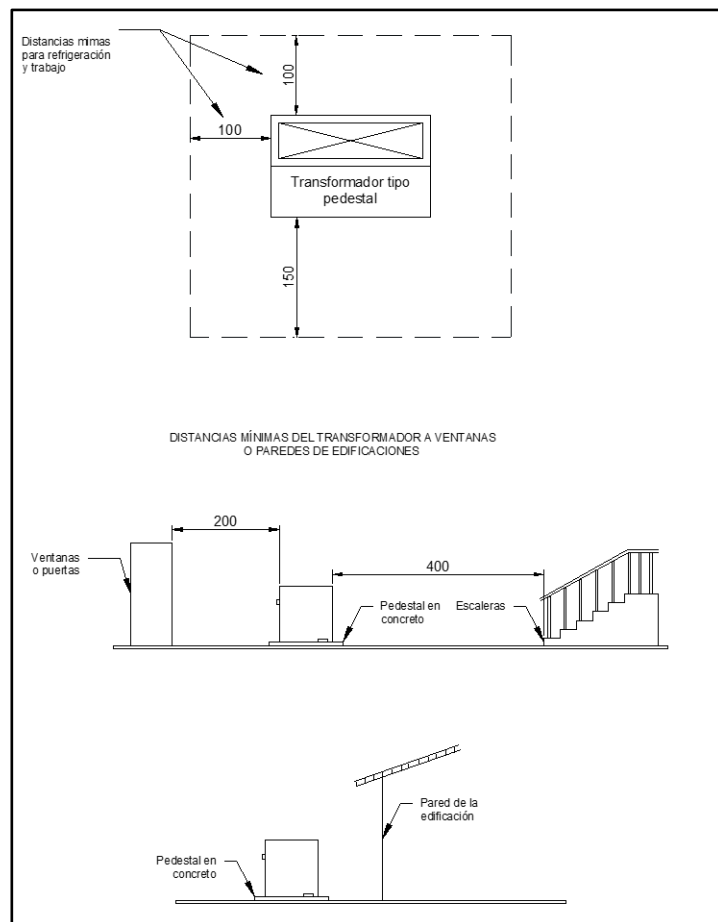


Fig. 8 Distancias mínimas de seguridad
Fuente: Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

1.2.7.7. Transición de red aérea a subterránea

Se utiliza como conexión entre una red aérea y otra subterránea, debe realizarse en un poste de 12 metros mínimo para medio voltaje y uno de 10 metros para bajo voltaje. Los cables que se utilicen en esta estructura deben ir dentro de una tubería rígida de acero galvanizado



Fig. 9 Transición área a subterránea

Fuente: https://fotos.habitissimo.com.mx/foto/transicion-aereo-subterranea-terminada_303008

Para medio voltaje se utilizará:

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

k) Codo metálico rígido con curva amplia de 90°, de igual diámetro que la bajante, para unir al pozo que se instala al pie del poste.

l) La puesta a tierra estará conformada por una varilla de acero recubierta de cobre de 1,80 m por 15.87 mm (5/8") de diámetro.

1.2.7.8. Acometidas domiciliarias

Las acometidas es el tramo de red de bajo voltaje desde el pozo más cercano hasta el medidor de los usuarios de la red. Se utilizará cable tipo TTU de calibre mínimo #6 AWG para las fases y el neutro, el mismo que llegará al medidor que estará ubicado en la fachada del inmueble. Para su protección, se utilizará tubería de mínimo dos pulgadas de PVC o tubo de acero rígido o tubería de polietileno de alta densidad flexible.

Al salir más de una acometida domiciliaria desde un mismo pozo, se instalará un barraje aislado de BV, el cual se alimentará desde la red principal y de este se derivarán las mismas. Encargándose también de la protección del circuito de alimentación de las acometidas.

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

1.3. Proyección de la demanda.

La demanda de energía tiene que ver directamente con la parte final del sistema de distribución, es decir con la carga, en esta parte del sistema de distribución la energía eléctrica se transforma en otro tipo de energía (Alvarado, 2017), dependiendo de las necesidades del usuario, por ejemplo, se transforma en energía mecánica a través de un motor, en energía lumínica a través de una luminaria, etc.

Se define la demanda como la potencia o intensidad de corriente necesaria para que una carga pueda funcionar en un intervalo de tiempo (Alvarado, 2017).

La proyección de la demanda es un método que nos permite conocer la cantidad de energía o energía que será necesaria a futuro para abastecer a los usuarios, existen diversos métodos que emplean una gran variedad de variables con los que podemos calcular la proyección de la demanda. Es importante realizar una proyección de la demanda para asegurar un servicio continuo y confiable (Cervan, 2017).

1.3.1. Métodos de proyección de la demanda

Para el desarrollo de proyección de la demanda eléctrica se han desarrollado varios métodos, entre los cuales podemos mencionar:

- Estadísticos
- Inteligencia artificial
- Microáreas

1.3.1.1. Método de proyección estadístico

En este método a través de una función matemática se intenta predecir el comportamiento de una variable dependiente a través de una variable dependiente. En este tipo de método podemos encontrar métodos de regresión lineal simple y múltiple, métodos de series temporales debido que la demanda es un factor que varía en el tiempo.

Dentro de la proyección de la demanda por métodos estadísticos también se encuentra e método de distribución de probabilidad, este método asume la demanda como una variable aleatoria, este se realiza a partir de aproximaciones muestrales y momentos de dichos parámetros.

1.3.1.2. Método de proyección de la demanda por Inteligencia Artificial

Este método se basa en la utilización de nuevas tecnologías como las redes neuronales, sistemas expertos, lógica difusa entre otros, el método que utiliza redes neuronales se basa en que este tipo de redes permite aproximar funciones no lineales o modelar fenómenos complejos.

1.3.1.3. Método de proyección de la demanda por Microáreas

El método de proyección de la demanda a través de la utilización de micro áreas se basa en la relación que existe entre el crecimiento de la demanda de energía eléctrica, el crecimiento de la población y la actividad comercial con respecto al índice de utilización del suelo (Jimenez, Pérez, & Loor, 2018).

Para ello se debe dividir en micro áreas la zona de estudio, de esta manera se obtendrá el aproximado de la demanda a través de un flujo de carga que se puede realizar a través de un software de simulación eléctrica.

CAPITULO 2

Red de medio y bajo voltaje actual

2. Introducción

El sistema eléctrico de distribución en Ecuador está a cargo de diferentes empresas distribuidoras de energía quienes son los encargados de adecuar los voltajes que reciben de las diferentes subestaciones de distribución que a su vez se encuentran conectados al sistema eléctrico de subtransmisión y este recibe la energía del sistema nacional interconectado, quien a su vez recibe la energía que producen las diferentes fuentes generadoras.

La empresa a cargo de brindar el servicio de distribución y comercialización de energía en la ciudad de Ibarra y en la zona norte del país es la Empresa Eléctrica Regional Norte (EMELNORTE). EMELNORTE posee centros de subestaciones, centros de transformación, redes de distribución aéreas y subterráneas para permitir que energía de calidad llegue a cada uno de los hogares de los usuarios que dependen de ella.

2.1. Descripción de la Zona de Estudio

La zona de estudio se encuentra en el centro de la ciudad de Ibarra, comprende alrededor de 6 manzanas de una zona altamente comercial de la ciudad. Se encuentra entre las calles: Av. Pérez Guerrero, la Calle Juan de Velasco, Calle Simón Bolívar, Calle Sánchez y Cifuentes, Fig. 10.

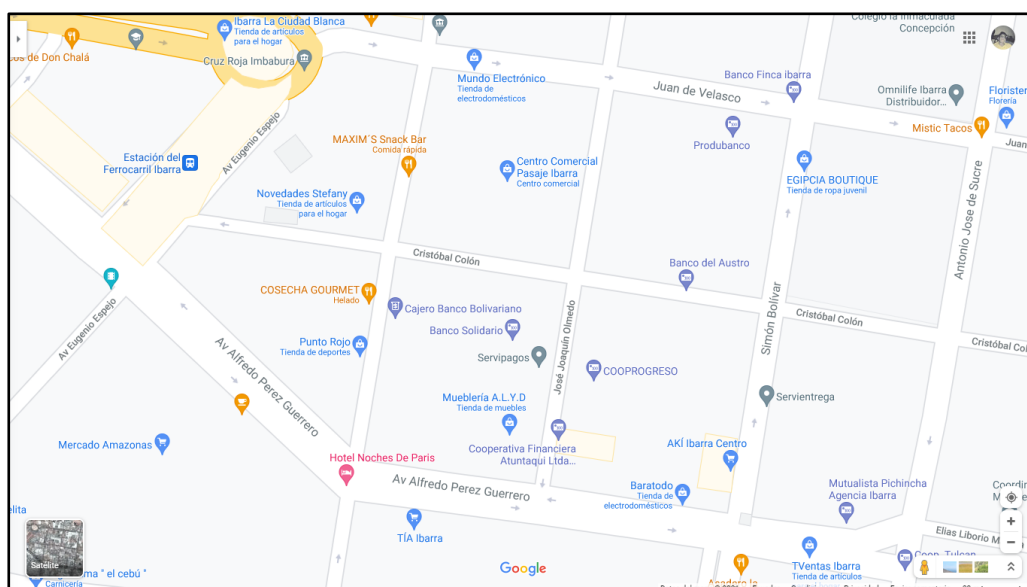


Fig. 10. Zona de estudio
Fuente: Google Maps

En la actualidad dicha zona presenta redes eléctricas aéreas, postes de hormigón sobre los cuales se tienden conductores eléctricos de medio y bajo voltaje, además se puede observar también centros de transformación, luminarias, acometidas, entre otros equipos que forman parte del sistema eléctrico de distribución. Sobre estos postes se encuentran también redes de telecomunicaciones pertenecientes a las diferentes empresas de internet y cable de televisión de la localidad.

De esta manera a través de los datos obtenidos en la Base de datos ArcGIS, que es la cual maneja la empresa distribuidora se obtuvo la siguiente información.

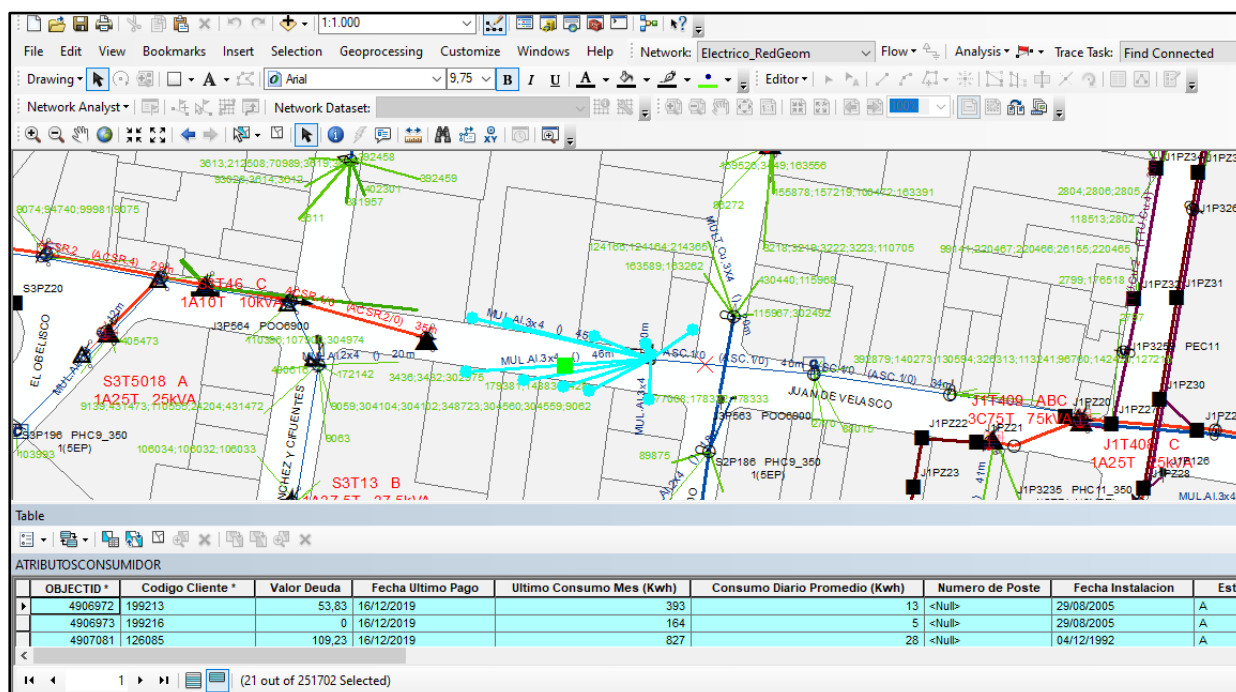


Fig. 11. Vista Base de datos ArcGIS
Fuente: EMELNORTE

EMELNORTE en dicha zona en la actualidad posee equipos que permiten suplir la demanda de aproximadamente 248 usuarios tipo C, entre los cuales se encuentran usuarios de tipo residencial, locales comerciales y entidades bancarias, además del sistema de alumbrado público. En la TABLA 10 se muestra una descripción y cantidades de los postes que se encuentran registrados en la base de datos.

TABLA 10.
Descripción de postes
Fuente: Autor

Postes	
Estructura	Cantidad
PCH12X2000	1
PHC12X500	2
PHC 11X500	7
PHC 11X350	32
PHC 9X350	25

En la TABLA 11 se muestran las cantidades y capacidades de los transformadores que se encuentran ubicados dentro de la zona de estudio.

TABLA 11.
Transformadores ubicados en la zona de estudio
Fuente: Autor

Transformadores	
Estructura	Cantidad
Transformador 500 kVA	1
Transformador 100 kVA	5
Transformador 75 kVA	4
Transformador 50 kVA	3
Transformador 45 kVA	3
Transformador 37,5 kVA	4
Transformador 30 kVA	2
Transformador 25 kVA	3
Transformador 15 kVA	4
Transformador 10 kVA	2

La red de alumbrado público que se encuentra en la zona también posee equipos para su funcionamiento, la parte más significativa es la luminaria. En la tabla 12 se muestra la cantidad y potencia de las luminarias.

TABLA 12.
Luminarias Ubicadas en la zona de estudio
Fuente: Autor

Luminarias	
Estructura	Cantidad
LDPS250PCC	39
LDPS150PCC	11

LDPM125PCA	1
LDPM125PCC	2

Para la sujeción de los conductores a los postes que conforman la red de distribución es necesario estructuras montadas en los postes de hormigón.

*TABLA 13.
Estructuras montadas en postes
Fuente: Autor*

Estructuras montadas en poste	
Estructura	Cantidad
3VPT	23
3VRT	7
3CDT	3
3CRT	2
3SDT	1
3SPT	3
1CPT	1
1CRT	2
1ER	3
1EP	1
2ER	2
3ER	3
3EP	4
4ED	4
4EP	10
4ER	5
5ED	3
5EP	14
5ER	14

2.2. Descripción de la demanda

La demanda se encuentra en constante cambio lo que ha llevado a que se obtengan fenómenos como sobrecarga o subutilización. En la Fig. 11 se puede analizar cuáles son las zonas que alimentan los transformadores de la zona de estudio, a través de esto podemos observar los usuarios que son alimentados por cada transformador y si existe sobrecarga.

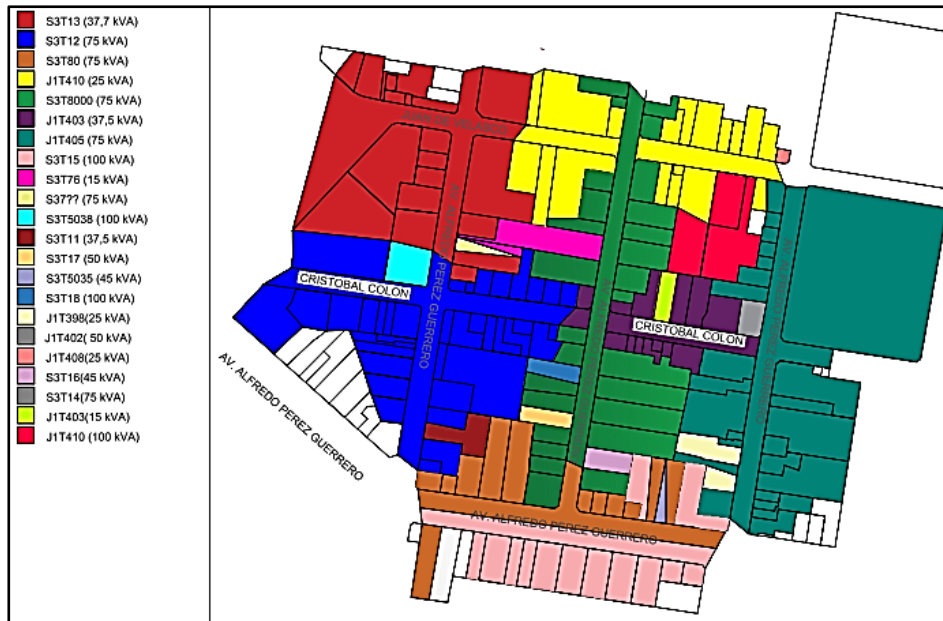


Fig. 12 Distribución de usuarios y transformadores
Fuente: Autor

De acuerdo con el gráfico se puede observar claramente que existen transformadores que tienen demasiados usuarios lo que podría causar una sobrecarga, y también hay otros que alimentan a un solo usuario que puede ser alimentado sin problema por otro transformador cercano, o simplemente vemos una diferencia entre los transformadores activo y el total, es decir algunos se encuentran desconectados.

Cada transformador está conectado a una subestación que es la que provee el voltaje en 13,8 kV, es así como en la zona de estudio podemos encontrar dos circuitos de dos subestaciones diferentes, el circuito 1 de la subestación de Ajaví y el circuito 3 de la subestación de san Agustín, que es de donde llega la energía.

Es así como de acuerdo con los datos que muestra la base de datos de se realizó un mapa para identificar de manera más fácil las zonas que se encuentran conectados a los dos alimentadores de la zona de estudio como puede ver en la Fig. 12. Cada usuario dentro de la base de datos ArcGis se encuentra registrado de tal manera que muestra a que alimentador pertenece y con este precedente se identificó en el mapa y se pintó de un color azul los que pertenecen a la subestación de san Agustín y de color rojo los pertenecientes al circuito de la subestación de Ajaví.

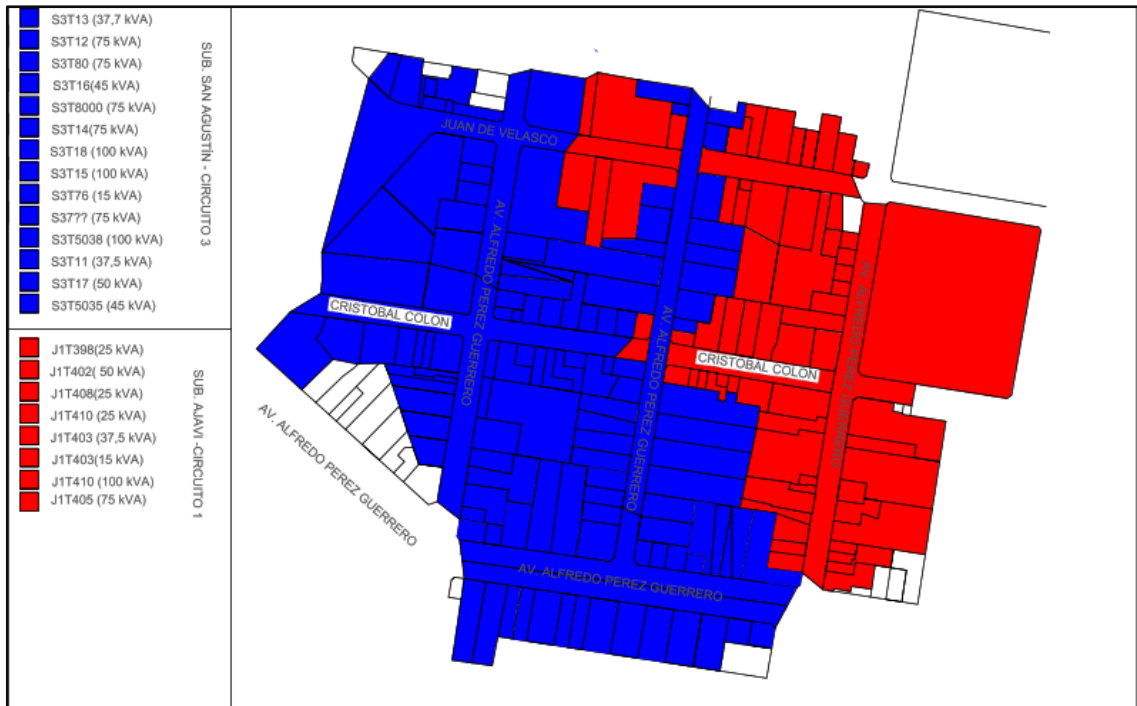


Fig. 13. Alimentadores y Micro áreas
Fuente: Autor

A través de los datos que se obtienen de la base de datos se puede organizar la información para poder tener un perfil completo de la carga, a través de simulaciones y datos históricos de la empresa, en la TABLA 14 se muestra los transformadores y capacidades del circuito J1.

TABLA 14 .
Transformadores del circuito 1300100T01 en la zona de estudio
Fuente: Autor

Numero de transformador	codigo de poste	capacidad	poste
7196	1A25T	25	104847
7197	3C45T	45	104848
7201	1C15T	15	104849
7200	1C15T	15	104849
7203	1A15T	15	104853
7204	1C37,5T	37,5	104853
7202	1A50T	50	104851
7205	3C75T	75	104857
7208	1A25T	25	104876
7211	3C100T	100	104878
7212	3P50T	50	104878

Y de la misma manera podemos obtener los datos de los usuarios y equipos que se encuentran conectados a cada uno de los postes, como se muestra en la TABLA 16.

TABLA 15.
Usuarios de un poste
Fuente: ArcGis

Codigo Cliente *	Ultimo Consumo Mes (Kwh)	Consumo Diario Promedio (Kwh)	Estado del Servicio	Codigo Uso Energia	Calle	Nivel Tension	POTENCIA ACTIVA	POTENCIA REACTIVA	Consumo Promedio
189177	154	5	A	COMERCIAL BT	AV. PEREZ GUERRERO 6-54	B	0,213889	0,103591	139,916667
156967	579	19	A	COMERCIAL BT	AV. PEREZ GUERRERO 6-28	B	0,804167	0,389476	484,333333
126560	444	15	A	COMERCIAL BT	AV. PEREZ GUERRERO 6-70	B	0,616667	0,298665	424,416667
23902	77	3	A	COMERCIAL BT	AV. PEREZ GUERRERO 6-54	B	0,106944	0,051796	99,083333
25616	876	29	A	COMERCIAL BT	AV. PEREZ GUERRERO 6-54	B	1,216667	0,589258	934,166667
305153	1656	55	A	COMERCIAL BT	AV. PEREZ GUERRERO 6-28	B	2,3	1,113941	1658,5
348143	196	7	A	COMERCIAL BT	AVDA PEREZ GUERRERO 6-78	B	0,272222	0,131843	202,75
25615	239	8	A	RESIDENCIA L	AV. PEREZ GUERRERO 6-54	B	0,331944	0,160768	216,5
LUMINARIA									
Codigo Lumina	Codigo Estructura *	ALIMENTAD ORID *	FASECONEX ION	HORASFUN C1	Subtipo	POTENCIA			
43607	LDPS250PCC	ALIM-SAN AGUSTIN 3	BC	12	Sodio Cerrada	250			

Como se mencionó anteriormente la red de distribución de la zona de estudio también está conectada al circuito 2 de la subestación de Ajaví, en la TABLA 16 se muestra cada uno de los transformadores pertenecientes a este circuito en la zona de estudio.

TABLA 16.
Transformadores del Circuito 1300100T02
Fuente: Autor

Numero de transformador	Código de poste	Capacidad	Poste
13180	3C45T	45	71142
13134	3C100T	100	71141
13133	3C75T	75	71137
13192	3C75T	75	71145
13135	3C45T	45	71145
13136	3C50T	50	71147
13137	3C100T	100	71148
13137	3C100T	100	71149
13129	1C37,7T	37,5	71127
13131	1C75T	75	71129
13187	1A15T	15	71134
13186	1A37,5T	37,5	71134
13183	3P100T	100	S3PZ2

13132	1A37,5T	37,5	71135
13181	3C30T	30	71387
13163	1A10T	10	71255
13162	3P500T	500	71254
13176	1A10T	10	71379
13173	3C30T	30	71251
13174	1A25T	25	71251

Para poder realizar un análisis del comportamiento de la demanda de los usuarios de dicha zona es necesario realizar una simulación de flujo de carga para la cual primero se tomó los valores de los medidores de cabecera de cada uno de los circuitos (J1 y S3) por un periodo de un año, y encontrar también el mayor consumo durante ese tiempo, los cuales se solicitaron a EMELNORTE y se muestra en las tablas 17 y 18.

*TABLA 17.
Mediciones mensuales de cabecera del Alimentador 1300100T01
Fuente: EMELNORTE*

MES	Unidades	Energía Total	Demanda Máxima	Demanda Promedio	Factor de Carga
ENERO	kWh	1424747,78	2815,74	1914,94	0,68
FEBRERO	kWh	1296599,46	2828,58	1929,54	0,68
MARZO	kWh	1400191,34	3248,41	1881,73	0,58
ABRIL	kWh	1427735,00	3094,29	1983,14	0,64
MAYO	kWh	1544855,78	3329,61	2076,53	0,62
JUNIO	kWh	1849213,98	3927,42	2567,90	0,65
JULIO	kWh	1921533,62	3866,91	2582,32	0,67
AGOSTO	kWh	1520402,33	3025,71	2043,16	0,68
SEPTIEMBRE	kWh	1444806,03	3069,38	2075,75	0,68
OCTUBRE	kWh	1378083,49	2847,49	1851,99	0,65
NOVIEMBRE	kWh	1432605,40	2913,86	1925,38	0,66
DICIEMBRE	kWh	1419503,53	2892,69	1907,96	0,66

TABLA 18 .
 Mediciones mensuales de cabecera del Alimentador 1300100T02
 Fuente: EMELNORTE

MES	Unidades	Energía Total	Demanda Máxima	Demanda Promedio	Factor de Carga
ENERO	kWh	621243,84	1357,97	834,92	0,61
FEBRERO	kWh	574916,11	1392,92	855,39	0,61
MARZO	kWh	630258,05	1806,12	847,10	0,47
ABRIL	kWh	618800,97	1410,76	859,70	0,61
MAYO	kWh	650770,05	1434,45	867,73	0,60
JUNIO	kWh	663151,64	2811,52	884,23	0,31
JULIO	kWh	646986,83	1412,27	869,68	0,62
AGOSTO	kWh	646862,96	1430,60	869,22	0,61
SEPTIEMBRE	kWh	606977,24	1444,99	871,94	0,60
OCTUBRE	kWh	557880,42	1438,88	813,46	0,57
NOVIEMBRE	kWh	639194,75	2141,66	887,61	0,41
DICIEMBRE	kWh	683754,74	1535,36	918,87	0,60

De esta manera se procede a dividir la zona de estudio en micro áreas más pequeñas, para poder estudiar de manera más exacta el consumo de los usuarios y poder establecer una demanda promedio, como muestra la Fig. 14.

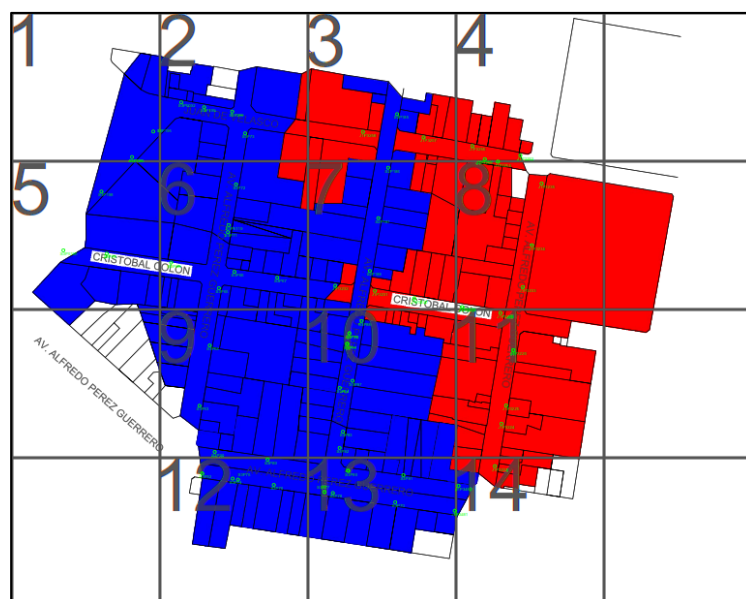


Fig. 14. Micro Áreas
 Fuente: Autor

En base a los resultados obtenidos de los medidores de cabera de cada alimentador y la demanda promedio por cada transformador se continua con la simulación de flujo de carga, realizada en el software CIME Cymdist, para obtener un promedio de consumo por micro áreas.

TABLA 19.
Resultados de la simulación TF 7205
Fuente: Cime Cymdist

	V base	kVLL	kVLN	i (A)	kVA	kW	kVAR
A	115,8	0,2	0,1	1,9	14,5	14,2	2,7
B	116,9	0,2	0,1	1,9	14,5	14,2	2,7
C	116,2	0,2	0,1	1,9	14,5	14,2	2,7
				Total:	43	43	8

Es así como se obtienen los promedios de cada micro área y debe sumarse también el consumo de todas las luminarias que se encuentre instaladas en cada micro área, como se muestra en la tabla 17, obteniendo de esta manera el total del consumo de cada micro área.

TABLA 20.
Calculo promedio por micro áreas.
Fuente: Autor

Micro área	Postes	Usuarios	Promedio Usuarios	Luminarias	Promedio Luminaria	TOTAL POSTE	KVA	KW
1	71252	9	133	1	54	187	0,44	0,42
	71251	2	5586	1	54	5640	9,70	9,34
	71250	10	2838	1	54	2892	6,87	6,50
TOTAL	3	11	5719	2	108	5827	17,01	16,25
Microarea	Postes	Usuarios	Promedio Usuarios	Luminarias	Promedio Luminaria	TOTAL POSTE		
2	71379	1	2077	0	0	2077	5,93	5,67
	71254	39	11357	1	54	11411	44,00	43,00
	71255	3	3989	0	0	3989	9,47	8,96
	71136	18	5330	9	486	5831	13,98	13,22
TOTAL	4	61	22753	10	540	23308	73,39	70,85

Microarea	Postes	Usuarios	Promedio Usuarios	Luminarias	Promedio Lumiaría	TOTAL POSTE		
3	104881	21	5238	2	108	5346	13,74	13,31
	71387	9	2209	1	54	2263	0,31	0,28
	104880	27	3073	1	54	3127	8,04	7,78
TOTAL	3	57	10520	4	216	10736	22,09	21,37
Microarea	Postes	Usuarios	Promedio Usuarios	Luminarias	Promedio Lumiaría	TOTAL POSTE		
4	104879	14	3844	1	54	3898	10,02	9,70
	104878	3	1247	0	0	1247	2,00	2,00
	104876	10	3352	1	54	3406	8,76	8,48
TOTAL	3	27	8443	2	108	8551	20,78	20,18
Microarea	Postes	Usuarios	Promedio Usuarios	Luminarias	Promedio Lumiaría	TOTAL POSTE		
5	71253	2	1521	1	54	1575	3,74	3,54
	71381	0	0	1	54	54	0,06	0,06
	71133	8	1527	0	0	1527	1,71	1,64
TOTAL	3	10	3048	2	108	3156	5,51	5,23
Microarea	Postes	Usuarios	Promedio Usuarios	Luminarias	Promedio Lumiaría	TOTAL POSTE		
6	71129	16	30057	1	54	30111	33,72	32,31
	71135	23	7502	1	54	7556	17,95	16,97
	71397	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	71134	14	7003	1	54	7057	141,70	134,56
	71132	11	1486		0	1486	1,66	1,59
	71130	13	2021	5	270	2306	5,13	4,92
	71131	25	5139	1	54	5193	5,82	5,57
TOTAL	7	102	53208	9	486	53709	205,98	195,93
Microarea	Postes	Usuarios	Promedio Usuarios	Luminarias	Promedio Lumiaría	TOTAL POSTE		
7	69736	19	2952	1	54	3006	0,42	0,38
	69737	30	5802	1	54	5856	0,81	0,74
	69738	9	1736	5	270	2006	0,28	0,25
	104855	24	3322	1	54	3391	3,87	3,69
	104854	7	788	1	54	842	0,96	0,90
	104853	19	3701	1	54	3755	5,26	5,01
TOTAL	6	108	18301	10	540	18856	11,59	10,97
Microarea	Postes	Usuarios	Promedio Usuarios	Luminarias	Promedio Lumiaría	TOTAL POSTE		

8	104877	0	0	0	0	0		
	104858	30	10489	6	324	10828	9,58	9,58
	104857	20	5417	1	54	5471	4,81	4,81
	104856	3	1695	1	54	1764	1,60	1,60
	104852	16	4086	1	54	4140	4,70	4,42
TOTAL	5	69	21687	9	486	22203	20,69	20,41
Microarea	Postes	Usuarios	Promedio Usuarios	Luminarias	Promedio Lumiaría	TOTAL POSTE		
9	71128	18	6861	1	54	6915	7,74	7,42
	71127	31	3700	1	54	3754	83,69	78,62
	71153	14	3158	1	54	3212	1,44	1,44
TOTAL	3	63	13719	3	162	13881	92,87	87,47
Microarea	Postes	Usuarios	Promedio Usuarios	Luminarias	Promedio Lumiaría	TOTAL POSTE		
10	71151	8	1776	1	54	1830	0,25	0,23
	71149	1	4585	0	0	4585	12,00	10,00
	71398	2	37071		0	37071	5,13	4,66
	71148	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	71150	15	5051	1	54	5105	0,71	0,64
	71147	4	4686	0	0	4686	4,00	4,00
	71146	1	0	0	0	0	0,00	0,00
	71145	16	4923	0	0	4923	0,68	0,62
TOTAL	7	47	58092	2	108	58200	22,77	20,15
Microarea	Postes	Usuarios	Promedio Usuarios	Luminarias	Promedio Lumiaría	TOTAL POSTE		
11	104851	3	3608	1	54	3662	4,00	4,00
	104849	28	4452	1	54	4521	4,03	4,03
	104848	11	1517	1	54	1571	1,38	1,38
	104847	23	4813	0	0	4813	2,00	2,00
TOTAL	4	65	14390	3	162	14567	11,41	11,41
Microarea	Postes	Usuarios	Promedio Usuarios	Luminarias	Promedio Lumiaría	TOTAL POSTE		
12	71152	14	3803	1	54	3857	1,72	1,72
	71126	0	0	1	54	54	0,00	0,00
	71137	2	282	0	0	282	02,00	2,00
	71139	16	9860	1	54	9914	3,57	3,25
TOTAL	4	32	13945	3	162	14107	7,30	6,97
Microarea	Postes	Usuarios	Promedio Usuarios	Luminarias	Promedio Lumiaría	TOTAL POSTE		

13	71140	24	6468	0	0	6468	2,33	2,12
	71141	0	0	1	54	54	0,02	0,02
	71143	3	899	0	0	989	0,59	0,59
	71144	8	4221	1	54	4275	1,91	1,91
	71142	20	4569	1	54	4623	1,67	1,51
TOTAL	5	55	16157	3	162	16409	6,52	6,15
Microarea	Postes	Usuarios	Promedio Usuarios	Luminarias	Promedio Lumiaría	TOTAL POSTE		
14	105103	11	2047	0	0	2047	0,74	0,67
	105102	4	389	1	54	443	0,16	0,15
	104846	36	5294	1	54	5348	4,71	4,71
TOTAL	3	51	7730	2	108	7838	5,60	5,52
							523,51	498,88

TABLA 21.
Promedio Potencia consumida por micro áreas
Fuente: Autor

MICROAREA	KVA	KW
1	17,01	16,25
2	73,39	70,85
3	22,09	21,37
4	20,78	20,18
5	5,51	5,23
6	205,98	195,93
7	11,59	10,97
8	20,69	20,41
9	92,87	87,47
10	22,77	20,15
11	11,41	11,41
12	7,30	6,97
13	6,52	6,15
14	5,60	5,52
TOTAL	523,51	498,88

Con los resultados de la potencia consumida por micro áreas se puede hacer una comparación con la potencia consumida y la potencia instalada, para observar el estado del sistema. Para obtener la potencia instalada en la zona de estudio es necesario sumar las potencias individuales de todos los transformadores existentes en esta zona. Entonces tenemos que:

Potencia instalada = 1950 kVA

= 1,950 MVA

Potencia total consumida = 532,51 kVA

= 0,53251 MVA

A partir de estos cálculos llegamos a la conclusión de que existe un sobredimensionamiento demás del 50% de la capacidad de los transformadores de distribución instalados en esta zona.

Además, podemos continuar con el cálculo para el dimensionamiento de los diferentes puestos de distribución que deben suplir la demanda de cada micro área, realizando de esta manera el balance de carga. De esta manera se procederá a agrupar micro áreas que se encuentren adyacentes, sumar sus consumos y así dimensionar el equipo que debe instalarse.

Existen también otros servicios soterrados dentro de esta zona, los cuales es importante tener en cuenta para el desarrollo del diseño y mantener las distancias adecuadas con respecto a cada uno de ellos. Existen, por ejemplo, acometidas de agua potable, alcantarillado y redes de telecomunicaciones.



Fig. 15 Tuberías de distribución de agua potable

De esta manera se procedió a solicitar la planimetría digital del sistema de alcantarillado al municipio de la ciudad de Ibarra, el cual se muestra en la Fig. 16.

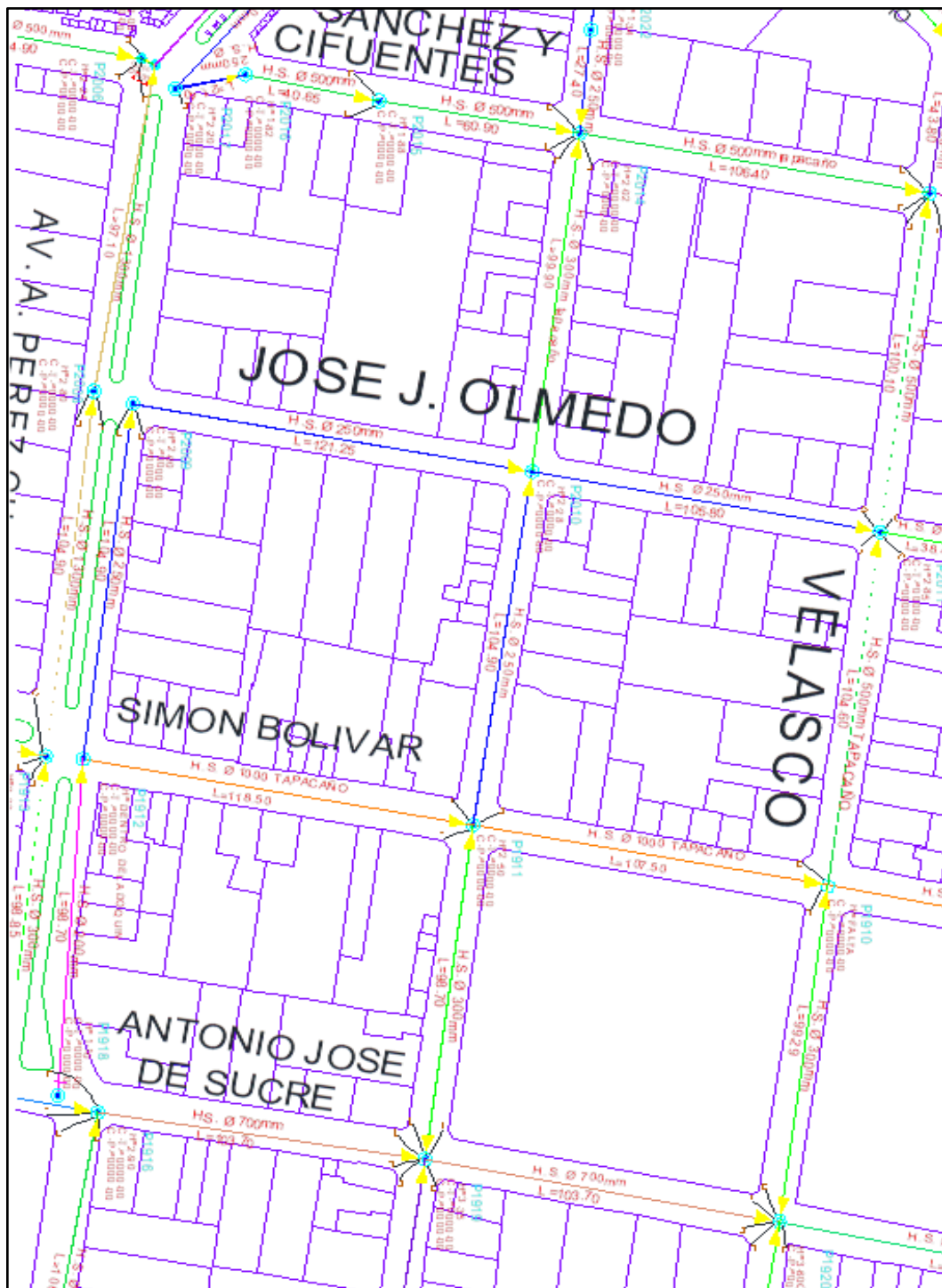


Fig. 16. Planimetría del sistema de alcantarillado
Fuente: Emapa Ibarra.

Como podemos 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.

En la zona se encuentran también canalizaciones subterráneas que pertenecen al sistema de agua potable, del cual se obtuvo el mapa de disposición de la empresa EMAPA, que se muestran en la siguiente Fig. 17.

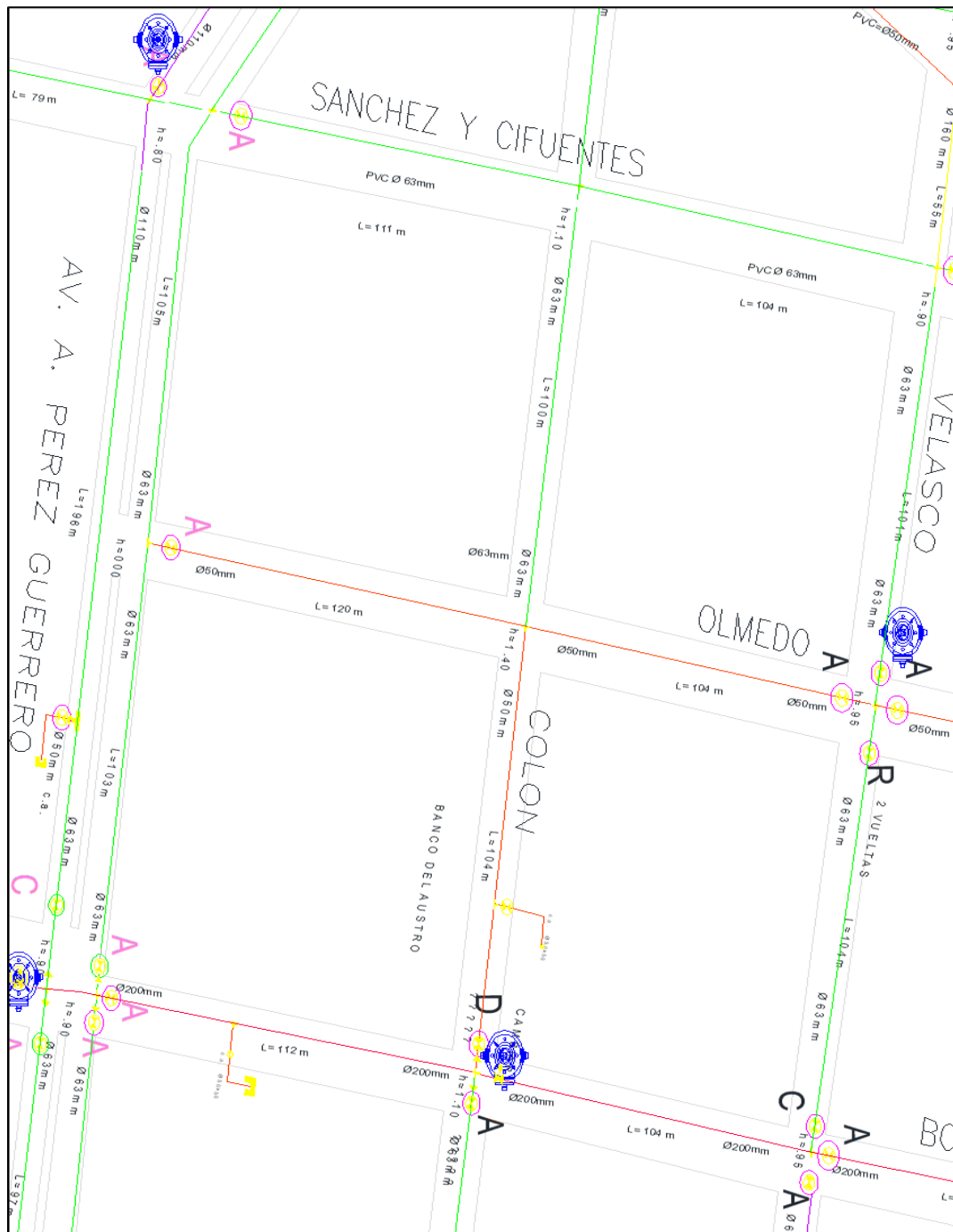


Fig. 17. Planimetría para la distribución de agua Potable
Fuente: Emapa Ibarra

En el mapa podemos observar las tuberías de agua potable, hidrantes, válvulas de distribución de agua potable, que se encuentra cerca de la fachada de los edificios por lo que se debe tomar en cuenta.

La Corporación nacional de telecomunicaciones (CNT), tiene en la ciudad de Ibarra redes soterradas de fibra óptica y línea telefónica, es así como fue necesario solicitar los planos de las mismas para no poner en riesgo la continuidad de su servicio, los cuales se muestran en la Fig18.

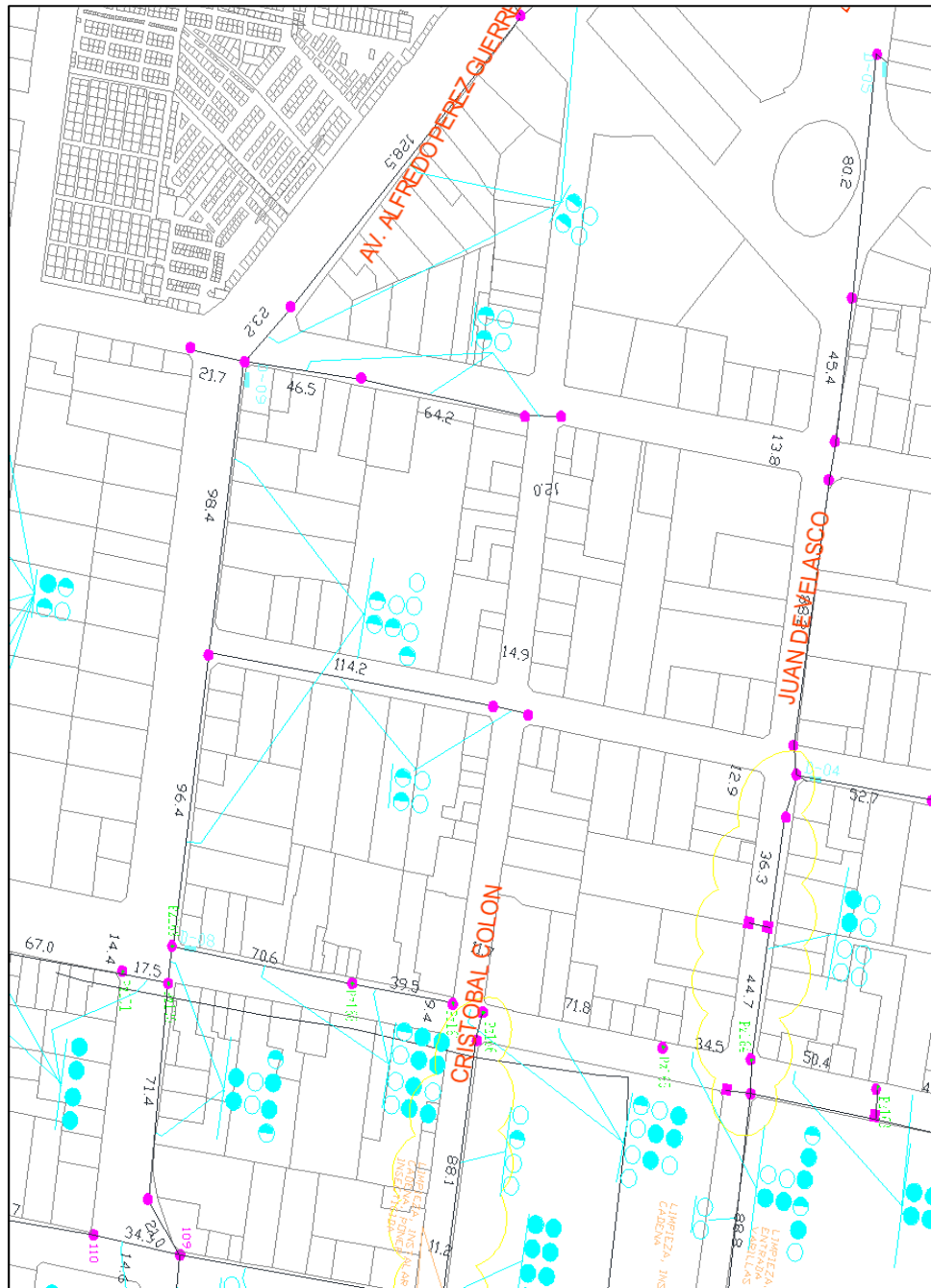


Fig. 18. Planimetría de redes de telecomunicaciones soterradas (Fuente CNT)

Por el centro de las aceras de algunas de las calles de la zona a intervenir se encuentran entubadas canalizaciones de telecomunicaciones por lo que debemos tomar en cuenta y no interferir con este servicio.

CAPITULO 3

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

3. Introducción

Con los cálculos anteriores podemos tener una visión de cómo se encuentra la red actualmente, esto nos ayuda a tener un punto de partida para realizar los cálculos para el dimensionamiento para la nueva red de medio y bajo voltaje, se debe realizar una proyección de la demanda, demanda de diseño de transformadores, caídas de voltaje en el nuevo circuito y finalmente el diseño en si de la red.

3.1. Proyección de la demanda

Debido a que el comportamiento de crecimiento de abonados no es estable, sino que por el contrario se encuentra en constante cambio esto produce afectaciones al sistema a largo y corto plazo, la proyección de la demanda nos permite tener un estimado de este comportamiento para garantizar que el sistema va a poder suplir esta demanda.

Para realizar la proyección de la demanda es necesario utilizar algunos factores los cuales son detallados por el departamento de estudios eléctricos de la empresa eléctrica regional norte, definiendo de esta manera la metodología a seguir para el rediseño de las redes existentes entre los que se encuentran:

- Carga instalada
- Demanda máxima
- Demanda máxima coincidente
- Demanda coincidente total
- Factor de coincidencia
- Demanda de diseño
- Caída de tensión

3.2. Demanda coincidente

De acuerdo con la adecuación de redes de distribución de EMELNORTE, la demanda coincidente se determina utilizando el método de la Rural Electrification Administración (REA),

la cual se muestra en la ecuación que contiene de dos factores, Factor A y Factor B. El factor A en todos los cálculos tendrá un valor de 11,1245.

$$DM_{coin} = (Factor A) * (Factor B)$$

Para continuar es necesario encontrar el factor B, el cual se obtiene a partir de la ecuación.

$$Factor B = 0,005925 * \left(\frac{kWh}{mes}\right) * 0.885$$

Donde:

$\left(\frac{kWh}{mes}\right)$: Consumo Promedio

Como ejemplo con un usuario cualquiera de la microárea 1, realizamos el cálculo de la siguiente manera:

$$Factor B = 0,005925 * (22,25) * 0.885$$

$$Factor B = 0,11667066$$

De esta manera podemos obtener la demanda coincidente:

$$DM_{coin} = (Factor A) * (Factor B)$$

$$DM_{coin} = (11,1245) * (0,11667066)$$

$$DM_{coin} = 1,2979$$

3.3. Factor de coincidencia

El factor de coincidencia hace referencia a la relación entre la demanda máxima coincidente de un grupo de consumidores y la suma de las demandas de potencia máxima de consumidores de los individuos que forman parte del grupo, representado en la ecuación:

$$F_c = \frac{DM_{coincidente}}{\sum DM_i}$$

EMELNORTE ha propuesto dos maneras de calcular el fc, la primera es que en el caso de que el número de abonados sea de 1 a 4 se aplica los valores de la Tabla 22.

TABLA 22.
Factor de coincidencia de 1 - 4 abonados
Fuente: EMELNORTE, 2018

# Usuarios	Fc
1	1
2	0,65
3	0,55
4	0,5

En caso de tener de 5 abonados en adelante se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$Fc = e^{-0,7243 * n^{-0,128443}} + 0,037$$

Donde

Fc: Factor de coincidencia.

N: número de abonados. (5 en adelante)

$$Fc(5 \text{ abonados}) = e^{-0,7243 * (5)^{-0,128443}} + 0,037$$

$$Fc(5 \text{ abonados}) = 0,431151063$$

3.4. Demanda máxima

Calcular la demanda máxima permite determinar la demanda máxima que necesita una carga en un periodo de tiempo para poder dimensionar la potencia que deben tener los alimentadores para que sean capaces de suministrar energía sin interrupciones. De acuerdo con la adecuación de redes de EMELNORTE para determinar la demanda máxima de un abonado se debe encontrar la demanda coincidente de 5 usuarios con el factor de coincidencia de estos y luego mediante la división del número de muestras.

$$Dind = \frac{\frac{DMcoin(5 \text{ Usuarios})}{Fc(5 \text{ usuarios})}}{5}$$

Donde:

Dind: Demanda individual[kW]

DMcoin: Demanda máxima coincidente

Fc: Factor de coincidencia

$$Dind = \frac{1,2979}{\frac{0,43115106}{5}}$$

$$Dind = 0,60206$$

De esta manera se realiza los cálculos para cada uno de los usuarios, a continuación, se presenta como ejemplo los resultados del micro área 1 como se muestra en la tabla 23.

TABLA 23.
Cálculos de demandas de usuarios en micro área 1
Fuente: Autor

Consumo kWh	FACTOR B	DM coin	D ind
22,25	0,12	1,30	0,60206
114,00	0,60	6,65	3,08
1278,17	6,70	74,56	34,59
2722,92	14,28	158,84	73,68
87,50	0,46	5,10	2,37
425,08	2,23	24,80	11,50
87,33	0,46	5,09	2,36
75,50	0,40	4,40	2,04
22,08	0,12	1,29	0,60
64,50	0,34	3,76	1,75
257,00	1,35	14,99	6,95
311,75	1,63	18,19	8,44
93,00	0,49	5,42	2,52
290,58	1,52	16,95	7,86
130,50	0,68	7,61	3,53
361,67	1,90	21,10	9,79
286,75	1,50	16,73	7,76
296,25	1,55	17,28	8,02
44,00	0,23	2,57	1,19
399,42	2,09	23,30	10,81
283,50	1,49	16,54	7,67

3.5. Demanda coincidente total

Una vez obtenidas las demandas individuales es necesario calcular la demanda coincidente total y se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$DMCtotal = fc * \sum Dind 1 + Dind 2 + Dind 3 \dots \dots Dind n$$

Donde:

DMCtotal: Demanda máxima coincidente total

Fc: Factor de coincidencia correspondiente al número de abonados

De esta manera se la sumatoria de las demandas individuales y el factor de coincidencia correspondientes al Micro área 1 es:

$$\sum D_{ind} = 207,1032891$$

$$fc = 0,364801317$$

Reemplazamos en la ecuación:

$$DMC_{total} = 0,364801317 * 207,1032891$$

$$DMC_{total} = 75,55155258$$

3.6. Carga instalada

Hace referencia a todas las cargas o potencias conectadas en la red los cuales se expresan en kVA, kW, MVA o MW expresado en la ecuación.

$$Ci = \sum kW$$

Donde:

Ci: Cargas instaladas, [kW].

kW: carga instalada, [kW].

Aquí sumamos también la potencia de las luminarias presentes en la microárea.

$$Ci = 75,55kW + 1,34kW$$

$$Ci = 76,89$$

3.7. Cálculo de la proyección de la demanda

En el cálculo de proyección de la demanda es necesario conocer algunos factores que indicaran el comportamiento del crecimiento de la demanda a futuro, lo que significaría variación en los parámetros de consumo de energía, en este caso se utilizara planes de uso de suelo según las regulaciones que estipulan los municipios, datos obtenidos a través del departamento de planificación del municipio de la ciudad de Ibarra. Se obtuvo el coeficiente de ocupación del suelo (COS) para continuar con el estudio.

3.8. Zonificación y uso de suelo

Dentro del coeficiente utilización de suelo para la ciudad, el municipio ha propuesto la zonificación de acuerdo con la Fig. 19 que se muestra a continuación.

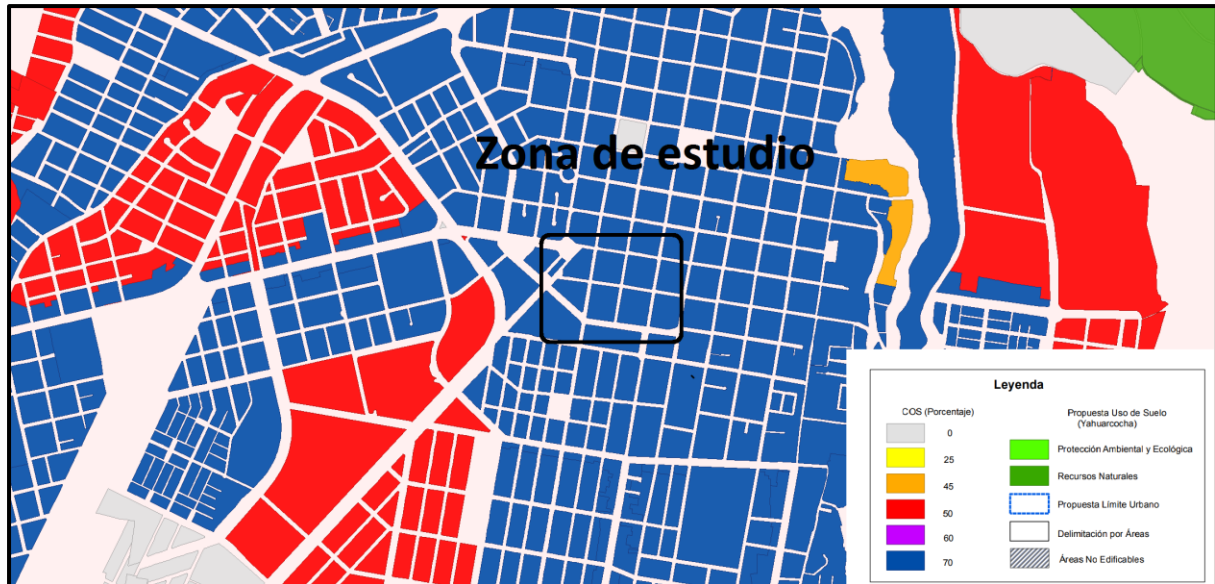


Fig. 19. Zonificación Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (Fuente GAD Ibarra).

De acuerdo con lo dispuesto con el departamento de planificación de Ibarra con un COS del 70%, y una altura de construcción de 5 pisos con una altura de 15m. De esta manera para continuar con el cálculo de proyección de la demanda es necesario seguir los siguientes pasos:

Para empezar, se divide el área de estudio en micro áreas más pequeñas determina el área total de cada micro área. Como anteriormente la zona de estudio fue dividida en microáreas de 100x 100m dando un área total de 10000m².

Una vez obtenido el área total de las micro áreas se necesario obtener el área habilitada para cada una de ellas se debe disminuir el área de ocupación de las calles y así se obtiene un área neta que corresponde a la que puede ser construida. Como ejemplo tomaremos la microárea 1 en la cual tenemos que:

$$An_i = A_T - A_C$$

Donde:

An_i : Área neta por zona en la microárea. [m²]

A_T : Área total de micro área. [m²]

A_C : Área ocupada por calles. [m2]

$$An_i = 10000 - 9187,61$$

$$An_i = 812,39$$

Para continuar se debe multiplicar el área obtenida por el COS el cual ayuda a determinar el porcentaje de cada piso y así obtener el área habilitada por cada piso.

$$Ahp_i = An_i * COS$$

Donde:

Ahp_i : Área total habilitada por zona en la microárea. [m2]

COS : Coeficiente de ocupación del suelo.

$$Ahp_i = 812,39 * 0,7$$

$$Ahp_i = 568,673$$

Una vez obtenido esto se multiplica por el número de pisos permitidos que se pueden construir en la zona y luego se procede a determinar la demanda eléctrica para obtener el índice de saturación.

$$Ap_i = Ahp_i * Pisos$$

Donde:

Ap_i : Área permitida por zonificación en la microárea. [m2]

$Pisos$: Número de pisos permitido

$$Ap_i = 568,673 * 5$$

$$Ap_i = 2843,365$$

Para encontrar el índice de saturación se debe encontrar la relación entre la demanda máxima y el área total habilitada el cual sirve para determinar la demanda máxima proyectada que en este caso se trata de una zona comercial.

TABLA 24.
Índice de Saturación
Fuente: Autor

			Área neta por zona en la microárea i. [m ²]	Área total habilitada por zona en la microárea i. [m ²]	Área permitida por zonificación en la microárea i. [m ²]	Demanda Máxima kW	Índice de saturación. [kW]
# MICROAREA	Area Total m ²	Area Inhabilitada m ²	Area Habilitada m ² (An _i)	Ahp _i	Ap _i	KW	Is
Microarea 1	10000,00	9187,61	812,39	568,67	2843,37	16,25	5,72
Microarea 2	10000,00	5481,55	4518,45	3162,92	15814,58	70,85	4,48
Microarea 3	10000,00	6400,50	3599,50	2519,65	12598,25	21,37	1,70
Microarea 4	10000,00	6018,82	3981,18	2786,83	13934,13	20,18	1,45
Microarea 5	10000,00	5341,95	4658,05	3260,64	16303,18	5,23	0,32
Microarea 6	10000,00	2378,96	7621,04	5334,73	26673,64	195,93	7,35
Microarea 7	10000,00	2014,22	7985,78	5590,05	27950,23	10,97	0,39
Microarea 8	10000,00	1879,00	8121,00	5684,70	28423,50	20,41	0,72
Microarea 9	10000,00	1953,97	8046,03	5632,22	28161,11	87,47	3,11
Microarea 10	10000,00	1098,40	8901,60	6231,12	31155,60	20,15	0,65
Microarea 11	10000,00	2262,50	7737,50	5416,25	27081,25	11,41	0,42
Microarea 12	10000,00	7417,05	2582,95	1808,07	9040,33	6,97	0,77
Microarea 13	10000,00	6127,91	3872,09	2710,46	13552,32	6,15	0,45
Microarea 14	10000,00	9147,82	852,18	596,53	2982,63	5,52	1,85

Una vez obtenido el índice de saturación se puede obtener la demanda máxima proyectada al multiplicar el índice y la demanda máxima en kW.

$$Ds_i = 2843,37 * 5,72$$

$$Ds_i = 16,25$$

3.9. Diseño de red de medio, bajo voltaje y alumbrado publico

De esta manera se procede a realizar el diseño de las redes teniendo en cuenta los reglamentos y normas que se encuentren vigentes para este tipo de proyectos.

3.9.1. Demanda de diseño de transformadores

EMELNORTE propone la siguiente metodología para el dimensionamiento de transformadores en el cual tiene gran importancia tener a los abonados divididos en estratos

de acuerdo con su consumo mensual, este consumo se puede obtener dentro de la base de datos ArcGis, estos se muestran en la Tabla 25.

TABLA 25.
Clasificación de Estratos de Consumo
 Fuente: EMELNORTE

ESTRATOS DE CONSUMO	
Categoría por estrato de consumo	KWh/mes (sin considerar la influencia de cocinas de inducción)
E	0 – 100
D	101 – 150
C	151 – 250
B	251 – 500
A	>500

Como se puede observar en la imagen en la zona de estudio se encuentran abonados en estrato C con un consumo entre 101 – 150 y D 151 – 250.

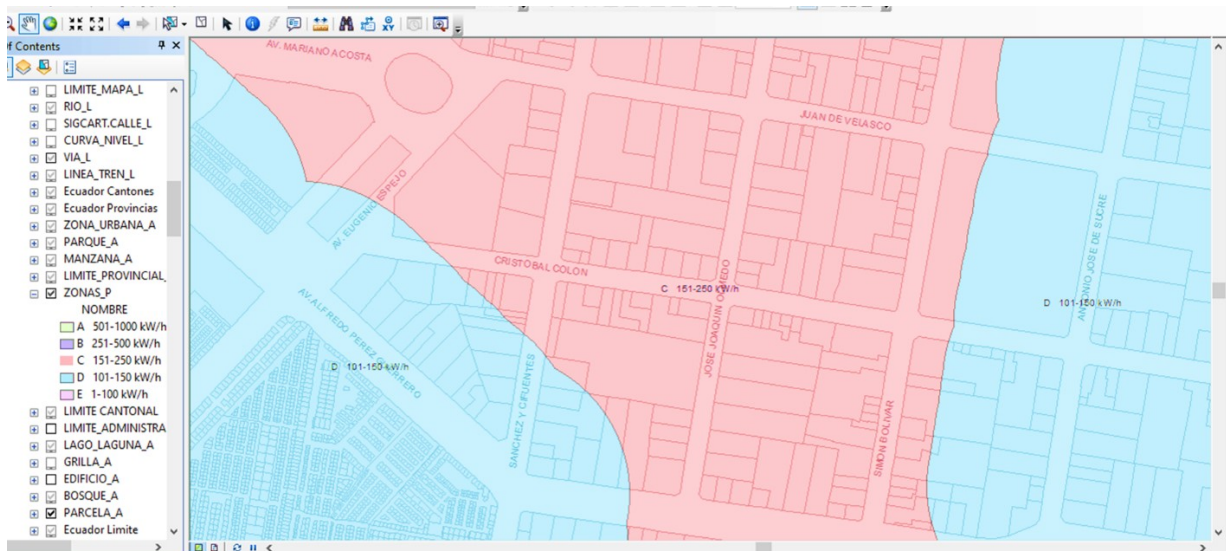


Fig. 20. Estratos de Zona de Estudio
 Fuente: EMELNORTE

De esta manera se procede a agrupar microáreas adyacentes para dimensionar los centros de transformación capaces de suministrar energía a los usuarios que pertenecen a esta zona. De esta manera se agrupó las microáreas para obtener 5 centros de transformación como se muestra en la tabla 26.

TABLA 26.
Centros de transformación
Fuente: Autor

Centros de transformación				
Centro de Transformación 1 (CT1)	Centro de Transformación 2 (CT2)	Centro de Transformación 3 (CT3)	Centro de transformación 4 (CT4)	Centro de transformación 5 (CT5)
Microárea 1	Microárea 5	Microárea 7	Microárea 4	Microárea 12
Microárea 2	Microárea 6	Microárea 10	Microárea 8	Microárea 13
Microárea 3	Microárea 9		Microárea 11	Microárea 14

De esta manera al conocer el consumo de los usuarios se procede a realizar las demandas de diseño del transformador para cada centro de transformación proyectado, como ejemplo tenemos la tabla 27, correspondiente al centro de transformación N° 1. Para este centro se introdujo el consumo de los usuarios que se proyecta conectar al transformador, como también el número de luminarias y la potencia para obtener la potencia que debe tener el transformador.

Ingresar tipo de Red "M" para Monofásico y "T" para Trifásica	
	T
Ingresar # luminarias	14
Ingresar Potencia Luminarias (W)	200
Ingresar Factor de potencia residencial	0,95
Sumatoria Demanda Máxima Individual (kW)	582,83
Número total de abonados	135
Factor de coincidencia	0,30
Demanda Máxima coincidente total (kW)	172,00
Demanda de diseño (kVA)	190,52
Potencia de transformador normalizada	
	225 kVA
DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN INGENIERÍA EN ESTUDIOS ELÉCTRICOS	

Fig. 21. Demanda de diseño de Transformador CT1.
Fuente: Autor.

3.9.2. Obra Civil

El arranque de la red de media tensión se dará a través de transiciones aérea subterránea, ubicadas en los postes P71155, desde donde se alimentarán los centros de transformación CT2, CT3 y CT5, los cuales se alimentan del alimentador Ajaví 2. El poste P104878 brindara energía a los centros de transformación CT1 y CT4, alimentados desde el circuito 1 de la subestación de Ajaví.

3.9.2.1. Canalizaciones

Dentro de las zanjas estarán instalados conductores de medio voltaje, para esto es necesario la instalación de canalizaciones de 160 mm, uno para cada fase. Para los conductores de bajo voltaje se utilizarán canalizaciones de 110 mm.

Las canalizaciones de medio voltaje se colocarán en la parte inferior, las de bajo voltaje sobre estas y así sucesivamente, de esta manera la configuración de ductos dentro de la zanja será de 0B1X3 (160) +2x3(110) calzada. Por lo que el ancho de la zanja estaría dado por:

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

Donde:

Bd : Ancho de 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)

$$Bd = 3 * 160mm + (3 - 1)50mm + 2(100mm)$$

$$Bd = 480 mm + (2)50mm + 2(100mm)$$

$$Bd = 480 mm + 100mm + 200mm$$

$$Bd = 780 mm$$

$$Bd = 78 cm \rightarrow 0,78m$$

El diseño para el banco de ductos por donde circule red de medio voltaje y bajo voltaje en calzada será:

En la parte inferior se instalarán 5cm de ripio, sobre ellos estará 3 tubo PVC pared estructurada interior lisa y exterior corrugada de 160 mm separados 100 mm de la pared de la zanja sobre los cuales se colocará un separador de tubería PVC 1 Fila x 3 columnas ancho 630 mm x 120 mm de alto, posteriormente se coloca un separador de tubería PVC 1 Fila x 3 columnas ancho 480 mm x 90 mm de alto, en este encajará 3 tubos PVC pared estructurada interior lisa y exterior corrugada de 110 mm, encima del cual nuevamente se instala un separador de tubería PVC 2 Filas x 3 columnas ancho 480 mm x 180 mm de alto.

Posteriormente se rellenará de hormigón de 180 Kg/cm² hasta 100 mm por encima del último ducto instalado, en este espacio sobre la esquina superior se debe colocar un tubo de polietileno triducto de 40mm para la monitorización del sistema Scada. Sobre la capa anterior se colocará una capa de 300 mm de material de relleno en este caso Arena. Sobre esta capa se tienden dos cintas de señalización ancho 250 mm x 0,175 mm de espesor, posteriormente una capa de ripio de 10 cm, y por último se colocará el material de terminado de calzada o en se defecto hormigón de 210 Kg/cm². Como se ilustra en la Fig. 22.

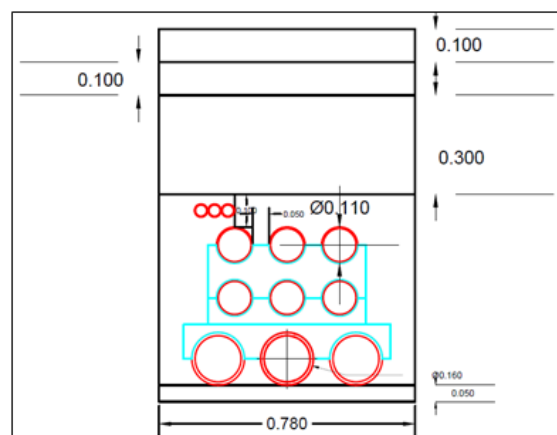


Fig. 22. Diseño de zanja para medio y bajo voltaje.
Fuente: Autor

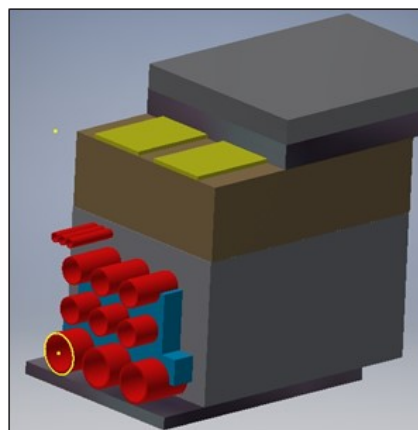


Fig. 23. Diseño de zanja de medio y bajo voltaje en 3D
Fuente: Autor

3.9.2.2. Diseño de Pozos

Para esta aplicación se ha elegido pozos Tipo C, de dimensiones 1,2 m x 1,2 m, los cuales son utilizados para MV, BV y alumbrado público. Tomado en cuenta el diseño del banco de ductos, el cual debe ingresar centrado al pozo, como se muestra en la Fig. 24 y Fig. 25.

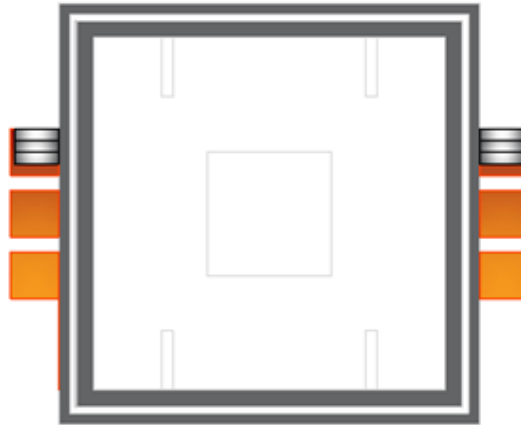


Fig. 24. Vista superior de un pozo tipo C.
Fuente: Autor

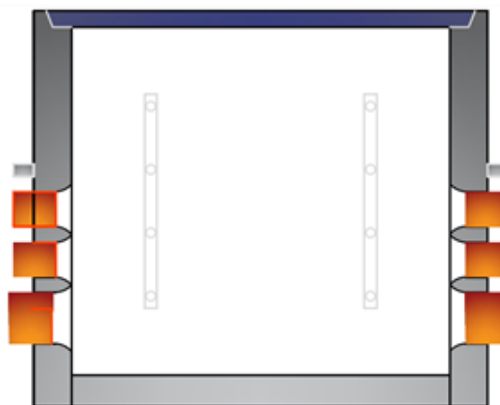
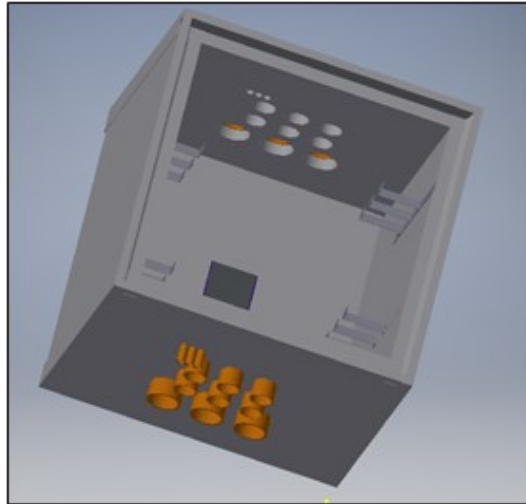


Fig. 25. Corte lateral diseño de pozo tipo C.
Fuente: Autor

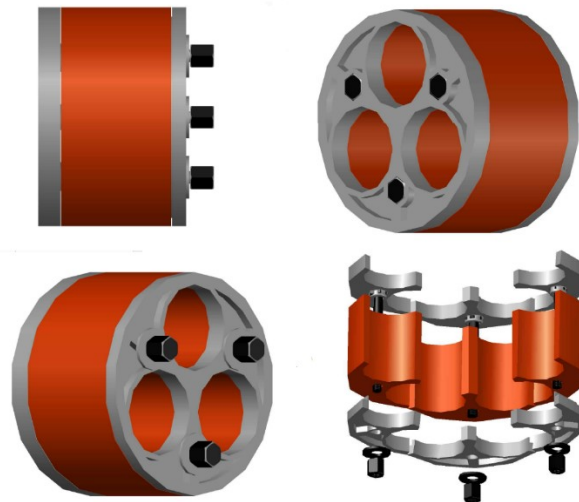
El diseño 3D de la Fig. 27 muestra los soportes de los cables en las paredes del pozo, las entradas de las canalizaciones y el acabado del piso con el sistema de drenaje.



*Fig. 26. Diseño de pozo tipo C en 3D
Fuente: Autor*

De acuerdo con el diseño, los pozos se encuentran a una distancia que va desde 30 hasta 45 metros entre ellos, de acuerdo en el sitio en el que se ubicaron para facilitar los cambios de dirección, empalmes y derivaciones de la red.

Dentro de las canalizaciones es importante incluir tapones para canalizaciones vacías y tapones para cables que deben utilizarse con el fin de asegurar que los cables no se deterioren al ingresar a los pozos, Fig. 27. Los tapones que se utilizan para canalizaciones libres son como muestra la Fig. 28.



*Fig. 27. Tapón de ductos para cables
Fuente: Unidades de propiedad para redes subterráneas*



Fig. 28. Tapón ciego para canalizaciones vacías.
Fuente: Unidades de propiedad para redes subterráneas

De acuerdo con lo estipulado en la homologación al ubicarse debajo de calzada la tapa de dichos pozos debe ser metálica, como la que aparece en la Fig. 29.

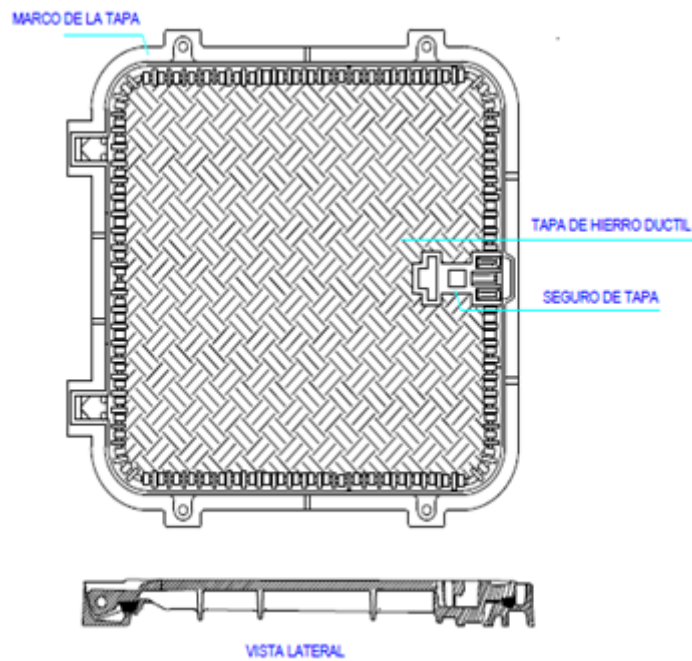


Fig. 29. Tapa Metálica
Fuente: Unidades de propiedad para redes subterráneas

3.9.2.3. Diseño de iluminación

Para continuar con el diseño de la red es necesario revisar la iluminación, según la RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR – 029/2020 se debe cumplir algunos parámetros, entre los que se encuentran identificar clases de alumbrado y parámetros fotométricos por vías.

TABLA 27.
Clases de alumbrado para diferentes tipos de vías públicas
Fuente: RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR – 029/2020

Disposición 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 28.
Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas
Fuente: RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR – 029/2020

Clase de Iluminación	Clase de Iluminación
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.

Las vías de nuestro estudio por lo tanto se encuentran entre calzadas tipo M2 y vías peatonales P1, los cuales son datos que introduciremos en el software de simulación Dialux.

TABLA 29. Resultados Dialux para Calzada M2
Fuente: Autor

Recuadro de evaluación (M2)	Calzada 1 (M2)
Lm [cd/m²]	✓ ≥ 1.50 2.15 ✓
Uo	✓ ≥ 0.40 0.56 ✓
Ul	✓ ≥ 0.70 0.89 ✓
TI	✓ ≤ 10 9 ✓
EIR	✓ ≥ 0.35 0.51 ✓

TABLA 30. Resultados Dialux para Aceras P1
Fuente: Autor

Recuadro de evaluación (P1)	Acera 2 (P1)
Em [lx]	✓ ≥ 15.00 ≤ 22.50 22.38 ✓
Emin [lx]	✓ ≥ 3.00 18.87 ✓
Recuadro de evaluación (P1)	Acera 1(P1)
Em [lx]	✓ ≥ 15.00 ≤ 22.50 15.81 ✓
Emin [lx]	✓ ≥ 3.00 13.74 ✓

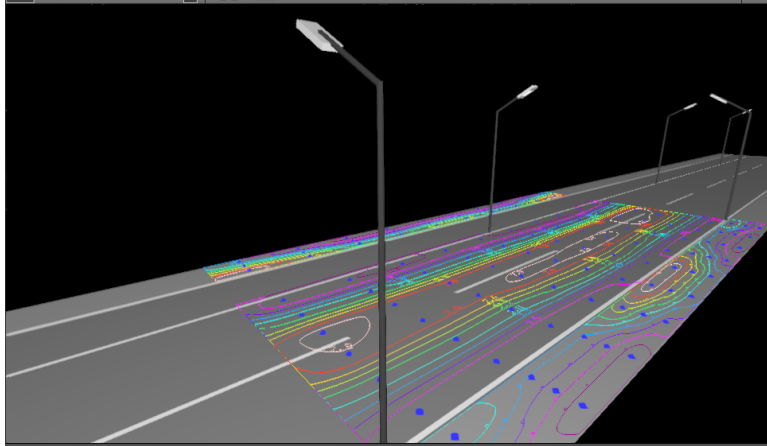


Fig. 30. Simulación Dialux
Fuente: Autor

Se diseñó un sistema de alumbrado con disposición bilateral con alternancia con luminarias ubicadas a 8 m del suelo con un brazo de 2m y un ángulo de 30° con una luminaria de 22300 lm.

3.10. Diseño de Red de bajo voltaje

Para continuar se realiza el diseño de la red, en este caso se realizó en AutoCAD, teniendo en cuenta las transiciones, las zanjas para canalizaciones, pozos, luminarias y postes sobre los cuales se instalarán. Como se muestra en la Fig. 31.

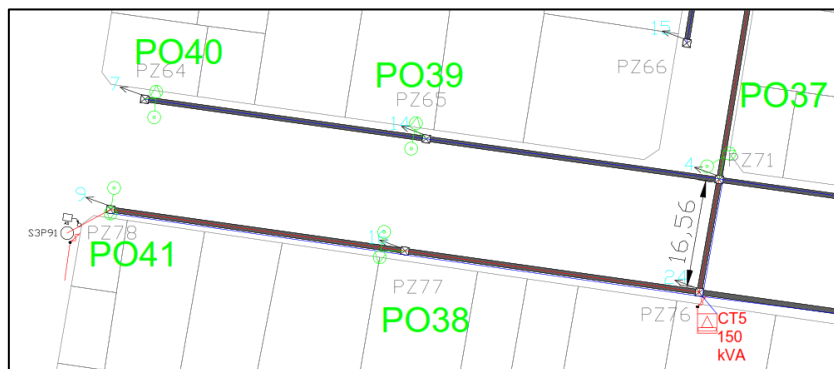


Fig. 31. Diseño de la red
Fuente: Autor

3.10.1. Caída de Voltaje

Hace referencia a la potencia desperdiciada en los conductores del diseño. La empresa eléctrica regional norte propone un método para el cálculo de caídas de voltaje donde es necesario las luminarias instaladas el número de usuarios conectados y las distancias. Como ejemplo tenemos los dispositivos conectados al CT1 como se muestra en la tabla 31. Según los niveles admisibles de caída de voltaje que maneja EMELNORTE para redes secundarias de bajo voltaje es admisible un porcentaje de 3,5 % en redes urbanas como la del estudio, y se recomienda conductor TTU para una red subterránea.

TABLA 31.
 Detalles Centro de transformación 1.
 Fuente: Autor

				COMPUTO DE CAIDAS DE VOLTAJE CIRCUITOS SECUNDARIOS REDES CONVENCIONALES			
NOMBRE DEL PROYECTO:	PROPUESTA TÉCNICA PARA EL SOTERRAMIENTO DE LA RED DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE SECTOR COMERCIAL DE LA CIUDAD DE IBARRA.			Fecha	27-sep.-21	HOJA:	
				Tipo de Usuario	C	CENTRO DE TRANSFORMACION No. CT1- 225kVA	
TIPO DE INSTALACIÓN:	SUBTERRANEA	VOLTAJE:	127/220	LIMITE DE CAIDA DE VOLTAJE:	3%		
CONDUCTOR: Preens. "P"; Desn. "D":	TTU	No. FASES:	3	Elegir tipo de Red	Trifásico		

Es necesario utilizar el circuito de bajo voltaje donde se detallan el número de usuarios y las distancias del circuito.

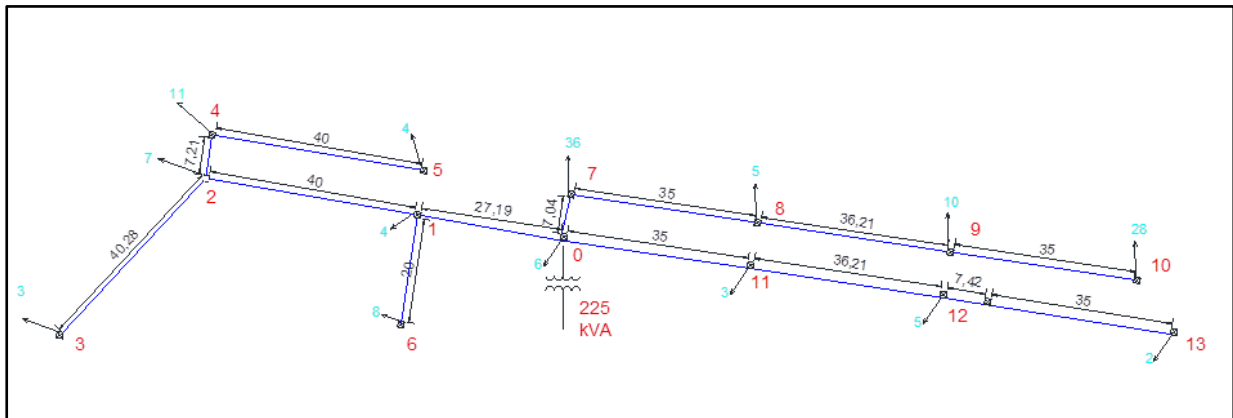


Fig. 32. Circuito CT1
 Fuente: Autor

Se identifica y divide el circuito en varios tramos para poder realizar el análisis de caída de voltaje, se realiza el análisis para cada tramo identificando las cargas de cada tramo y así obtener las corrientes que circulan y los conductores que deben usarse. Los cálculos sugeridos por EMELNORTE se muestran en la siguiente tabla 32.

TABLA 32.
 Caídas de Voltaje
 Fuente: Autor

DATOS		Carga/usuario	Luminarias	CIRCUITO	CONDUCTOR		COMPUTO
TRAMO	Nro.			FASE	CALIBRE	FDV	CAIDA VOLTAJE (%)

DESIG.	Longitud (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	27	37	51,41	0,568	Trifásico	# 3/0	1730	1403,37	0,77	0,77
1-2	40	25	34,74	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	1404,57	0,77	1,55
2-3	40	3	4,17	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	174,31	0,10	1,64
1-6	20	8	11,12	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	222,31	0,12	0,90
2-4	7	15	20,84	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	147,21	0,08	1,63
4-5	40	4	5,56	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	222,31	0,12	1,75
0-7	7	79	109,76	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	771,00	0,42	0,42
7-8	35	43	59,74	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	2097,70	1,16	1,58
8-9	36	38	52,80	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	1907,54	1,05	2,63
9-10	35	28	38,90	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	1368,25	0,75	3,39
0-11	35	10	13,89	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	499,56	0,28	0,28
11-12	36	7	9,73	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	356,95	0,20	0,47
12-13	42	5	6,95	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	299,7	0,17	0,64

3.11. Diseño de la red de medio voltaje

De acuerdo con la adecuación de redes de distribución de EMELNORTE, las troncales principales de un circuito de distribución deben tener un conductor de calibre 3/0, las derivaciones secundarias y terciarias deben tener un calibre de 2/0 y 1/0 respectivamente con un conductor de cobre TTU.

Sin embargo, la dirección de planificación es la que se encarga en clasificar cada tramo de la red en troncal principal, derivaciones secundarias y terciarias dependiendo de las condiciones de cada tramo. De esta manera después de un análisis rápido con ingenieros de dicha dirección se establece que puede clasificarse como parte de la troncal principal, estableciendo que se debe utilizar calibre 3/0, para posteriormente realizar la simulación en Cyme.

3.11.1. Flujo de carga

Para empezar, se identifica la zona de estudio en los alimentadores que existen en la base de datos que maneja EMELNORTE. Es necesario cargar el mapa del diseño que realizamos para identificar la localización de los centros de transformación, Fig. 33.

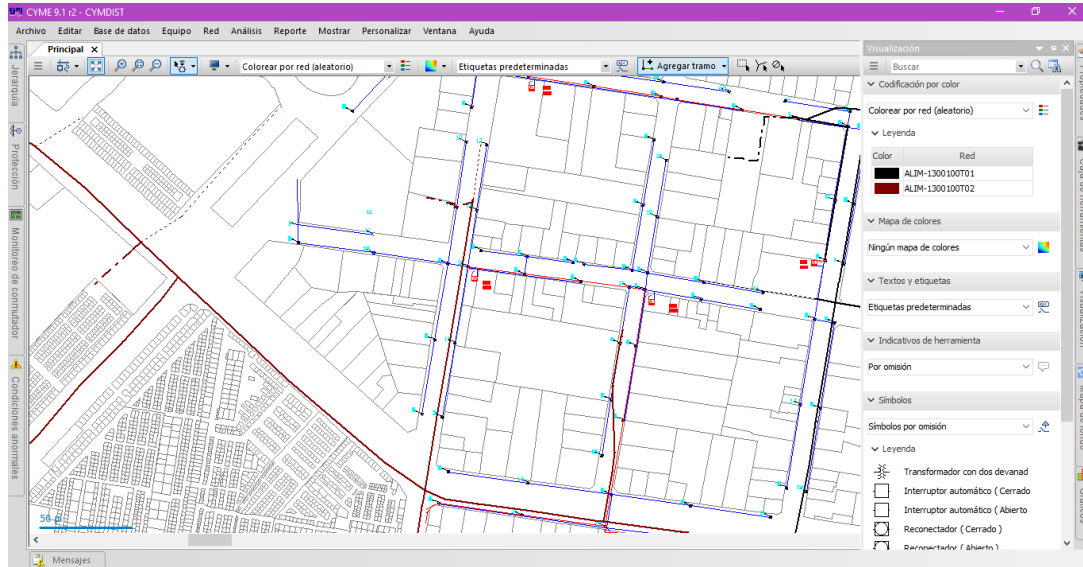


Fig. 33. Mapa de la Zona de Estudio en Cyme
Fuente: Autor

Se ingresa las especificaciones del conductor necesario para dibujar la red acuerdo con las especificaciones necesarias y los conductores presentes en la biblioteca del programa, como se puede apreciar en a Fig. 34, se debe tener como base el diseño realizado en AutoCAD georreferenciado para obtener la localización exacta de los transformadores y tamaño de la red. La descripción del conductor presente en la base de datos Cyme es 3P_15kV.Cu.3/0.

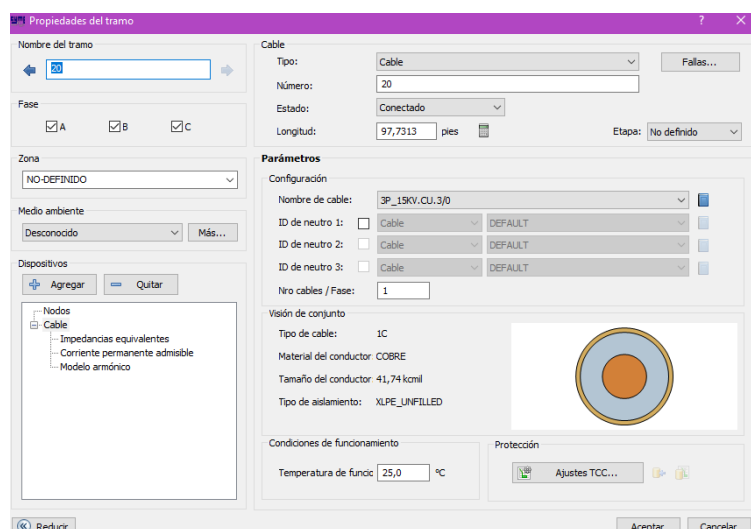


Fig. 34. Selección del Conductor CYME
Fuente: Autor

Una vez dibujado la red de medio voltaje se ingresa los dispositivos que se encuentran en ella, es decir se ingresan transformadores y dispositivos de protección en los tramos finales del circuito, Fig. 35.

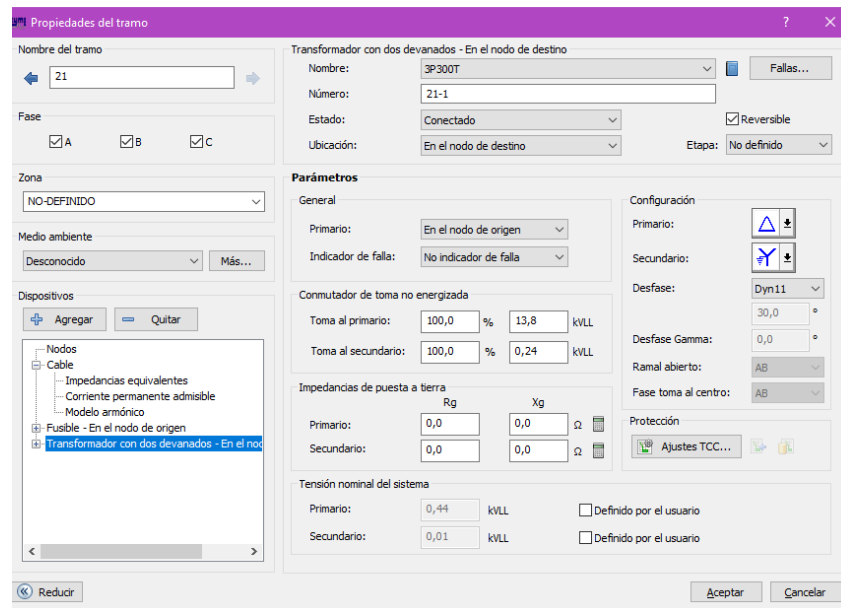


Fig. 35. Selección del Transformador CYME
Fuente: Autor

Se agregan cargas concentradas conectadas debajo de los transformadores para simular los consumos de los usuarios y poder realizar la simulación con la mayor precisión.

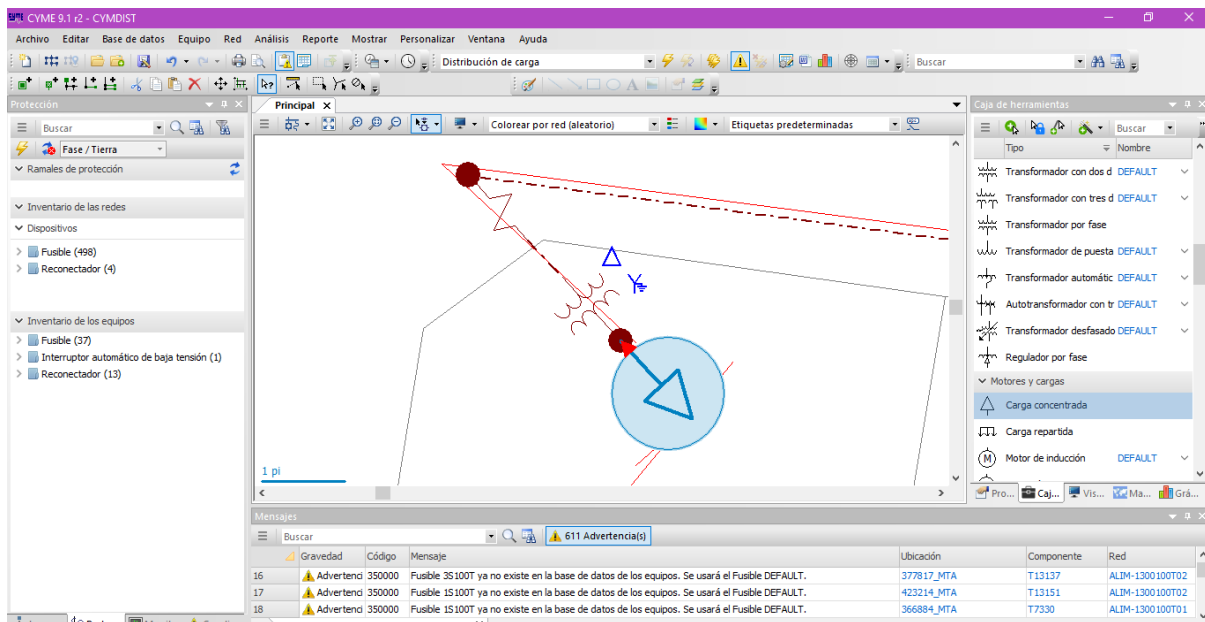


Fig. 36. Cargas Concentradas CYME
Fuente: Autor

Las cargas concentradas se configuran de acuerdo con el consumo promedio que han registrado los usuarios que se encuentran conectados al centro de transformación, Fig. 37.

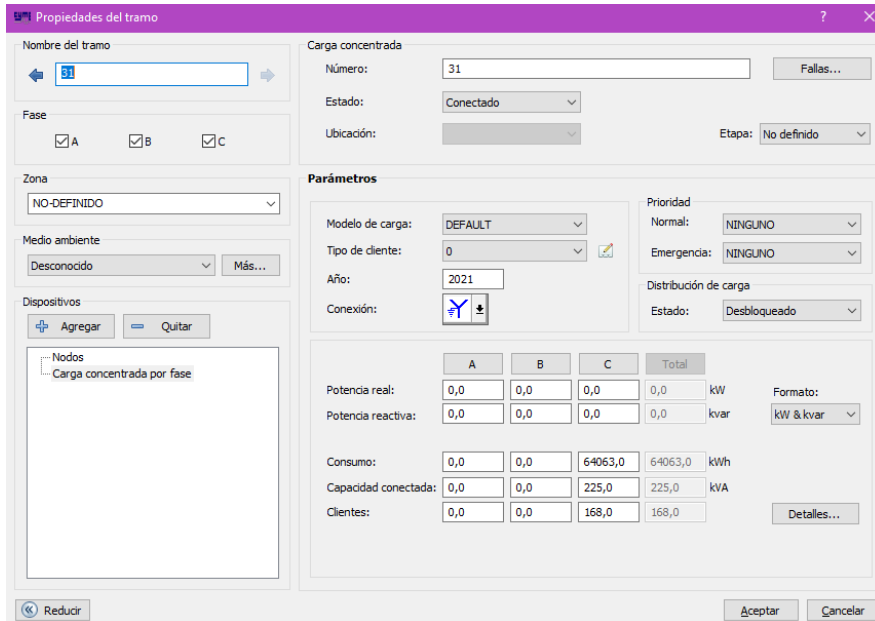


Fig. 37. Configuración de cargas concentradas CYME.
Fuente: Autor

Luego se configura la fuente en este caso la cabecera de los alimentadores que se va a intervenir, se ingresan los datos del mayor consumo registrado durante un año.

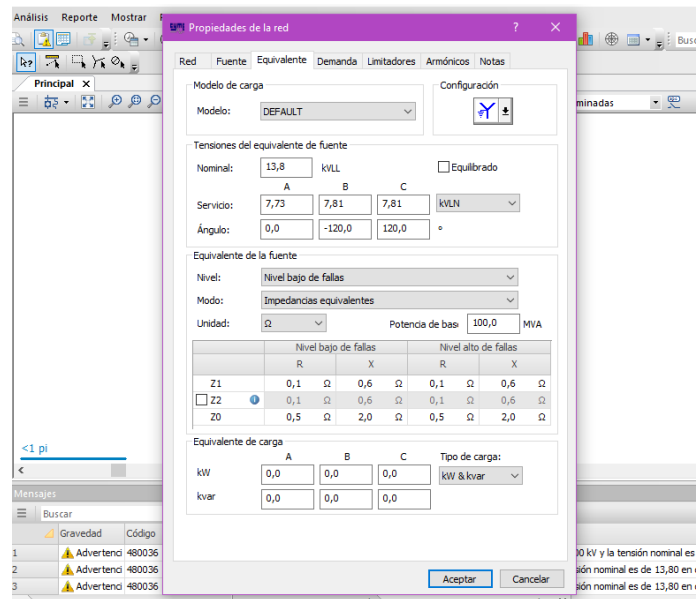


Fig. 38. Configuración de la Fuente CYME.
Fuente: Autor

Además, se ingresa también las mediciones de la demanda registrada en el mismo periodo en los datos de la fuente perteneciente al alimentador.

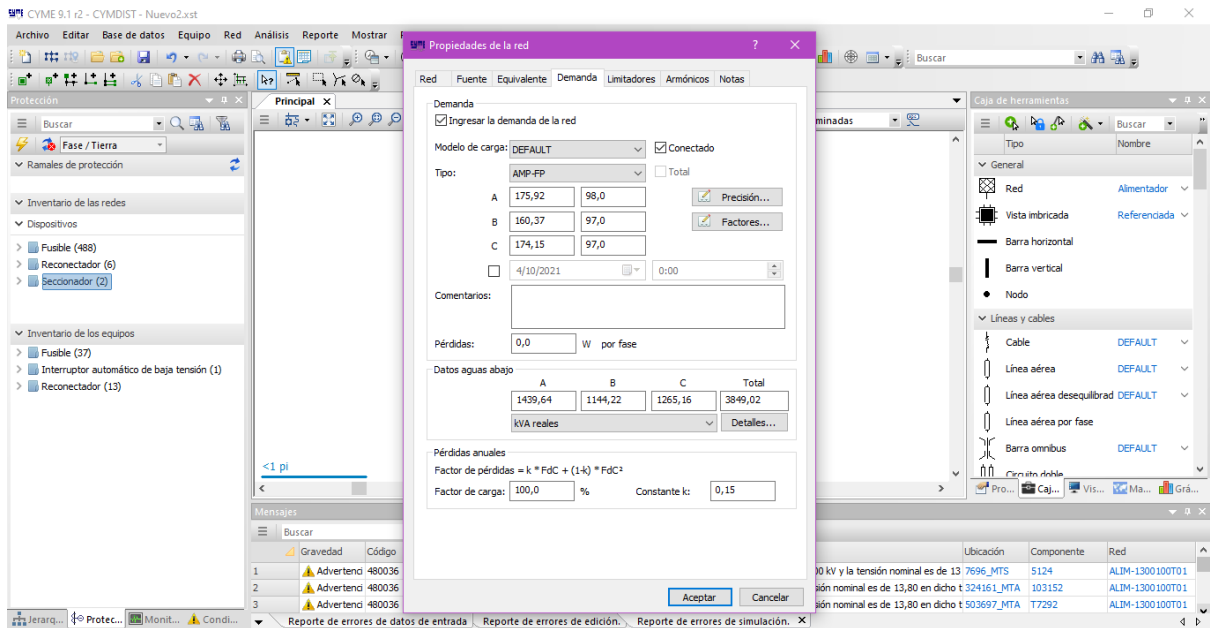


Fig. 39. Datos de la demanda dentro de la fuente del alimentador
Fuente: Autor

Se realiza un flujo de carga para obtener los datos de voltaje y corriente en cada transformador, es así como se obtiene un aproximado del funcionamiento del circuito y reacción del conductor.

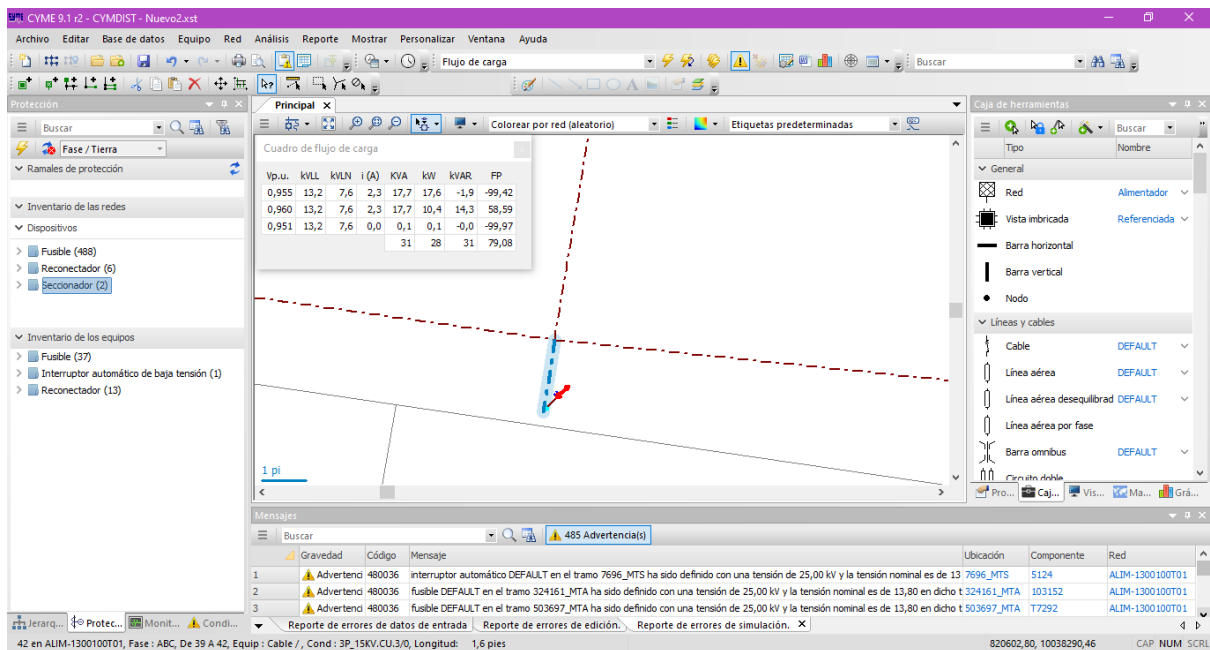


Fig. 40. Resultados de Flujo de Carga.
Fuente: Autor

3.11.2. Transferencia de carga

Cuando se debe realizar mantenimiento a alguna subestación o parte del circuito es necesario tener interconexiones entre alimentadores para no interrumpir el servicio eléctrico. En este caso se implementó una conexión entre el circuito de Ajavi 1 y Ajavi 2, que son los dos alimentadores intervenidos en este estudio.

Se realizó a través de la instalación de reconector en el punto donde se unen los circuitos y también la instalación de un equipo de seccionamiento en el mismo punto.

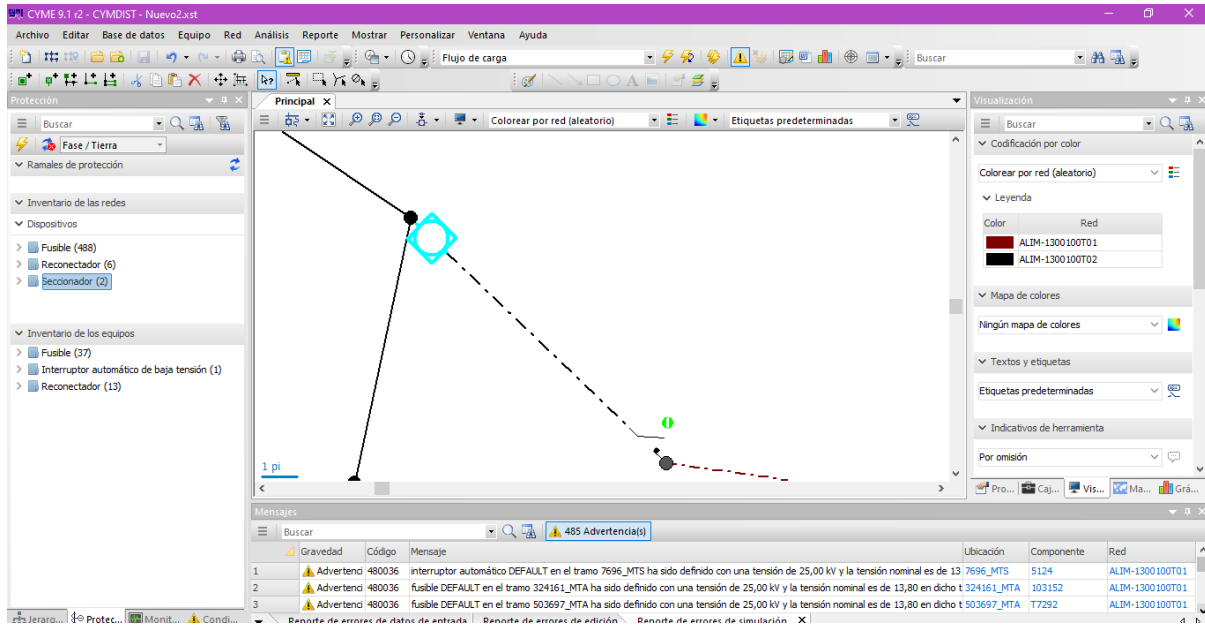


Fig. 41. Conexión para transferencia de carga.
Fuente: Autor

De la misma manera se realizó un flujo de carga para observar el comportamiento al ser alimentado por un otro alimentador distinto y no por el que se conecta normalmente, como se puede apreciar en las siguientes figuras.

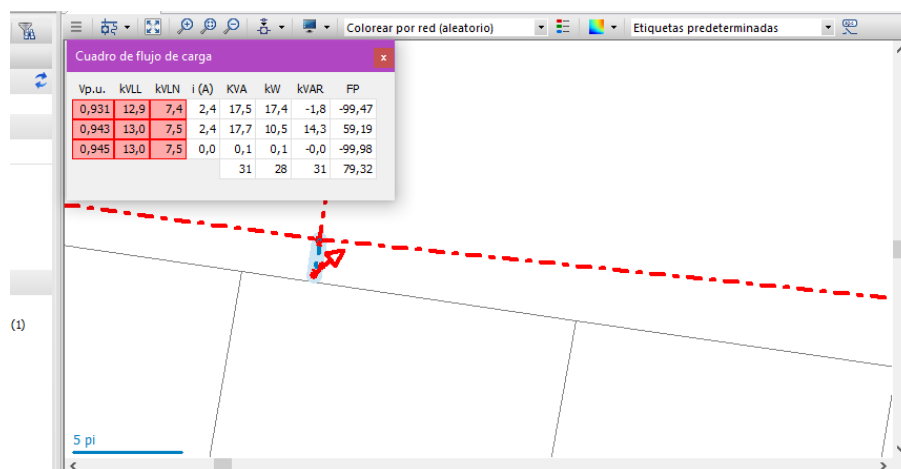


Fig. 42. Transferencia de Carga al Circuito Ajavi 1.
Fuente: Autor

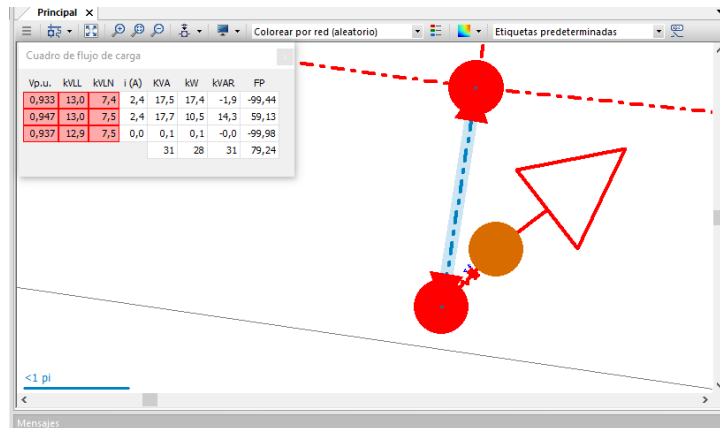


Fig. 43. Transferencia de Carga al Circuito Ajavi 2.

Fuente: Autor

3.12. Descripción de estructuras

De acuerdo con las caídas de voltaje el conductor recomendado es del tipo TTU de calibre 3/0 para la red de distribución, además para las acometidas se utilizará conductor #6 TTU para las Fases y el Neutro el mismo que llegará al medidor del usuario desde el pozo más cercano.

Las canalizaciones deben estar compuestas por los materiales que se encuentran detallados dentro del manual de unidades de construcción perteneciente a las redes subterráneas que se puede encontrar dentro de las unidades de propiedad. Estas se detallan dentro de la tabla 33.

TABLA 33.
Lista de materiales para Canalización
Fuente: Autor

BANCO DE DUCTOS EN CALZADA CON CONFIGURACION 2X3 DE 160 mm+1x3 DE 110 mm			
LISTA DE MATERIALES			
NUM.	UNID.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	c/u	Tubo PVC pared estructurada interior lisa y exterior corrugado de 160 mm	6
2	c/u	Tubo PVC pared estructurada interior lisa y exterior corrugado de 110 mm	3
3	c/u	Separador de tubería PVC 2 Filas x 3 columnas ancho 420 mm x 240 mm de alto.	1
4	c/u	Separador de tubería PVC 1 Fila x 3columnas ancho 420 mm x 120 mm de alto	1
5	c/u	Separador de tubería PVC 1 Fila x 3columnas ancho 320 mm x 90 mm de alto.	1
6	c/u	Cinta de señalización ancho 250 mm x 0,175 mm de espesor	2
7	m3	Ripio	0,0855
8	m3	Hormigón de 180 Kg/cm2	0,2557

9	m3	Material de relleno	0,171
10	m3	Hormigón de 210 Kg/cm2	0,057
11	c/u	Tubo de polietileno Triducto de 40mm	1
SUSTITUTIVOS			
10*	m2	Material de terminado de calzada	0,57

De la misma manera los pozos deben tener ciertos materiales que son necesarios y se detallan en la tabla 34.

TABLA 34.
Lista de materiales Tipo C
Fuente: Autor

POZOS PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO C			
LISTA DE MATERIALES			
NUM.	UNID.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	m2	Mampostería de ladrillo con enlucido	
2	c/u	Soporte para cables	6
3	c/u	Tapón ciego para ductos libres	
4	c/u	Tapón para ductos con cables	
5	c/u	Tapa para pozos de hormigón armado con losa de 70mm de espesor con marco y brocal metálico galvanizado espesor de 4mm y 50mm de base x 75mm de alto, abertura de 110° (excepto un lado a 90°) de 650mm x 1300 mm interior y 877mm x 1355 mm exterior	2
6	m2	Material filtrante para piso de pozo (grava)	0,009
7	c/u	Sifón para desagüe	1
8	m	Tubo de desagüe	
9	m3	Hormigón de 140 Kg/cm2	0,135
SUSTITUTIVOS			
1*	m3	Hormigón armado de 210 Kg/cm2	
1*	m2	Mampostería de bloque tipo pesado con enlucido	
4*	c/u	Masilla moldeable sellante, retardante a la llama	1
5*	c/u	Tapa doble para pozos de acero dúctil o acero esferoidal Clase D400-400 kN de 1200mm x 1200mm interior	1
6*	m3	Hormigón de 140 Kg/cm2	0,135

Se instalarán transformadores trifásicos tipo pedestal, para los cinco centros de transformación proyectados, con boquillas tipo inserto doble 15 kV para la conexión. Además de transiciones aéreas subterráneas las cuales constan de los materiales de la tabla 35.

TABLA 35.
Transición de redes aéreas a subterráneas
Fuente: unidades de propiedad

TRANSICIÓN DE REDES AEREAS A SUBTERRANEAS DE DISTRIBUCIÓN 13200 V GRDY / 7620V - 13800 V GDRY/7967 V			
LISTA DE MATERIALES			
NUM.	UNID.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	c/u	Cruceta de Acero Galvanizado, Perfil "L" 75 X 75 X 6 X 1200 mm	2
2	c/u	Perno "U" Acero Galvanizado, con 2 Tuerca, Arandelas: 2 Planas y 2 Presión de 16 X 150 mm (5/8" X 6"), Ancho dentro de la u	2
3	c/u	Pie Amigo de Acero Galvanizado, Perfil "L" 38 X 38 X 6 X 711 mm (1 1/2 X 1/4 X 28")	4
4	c/u	Perno Máquina Acero Galvanizado, Tuerca, Arandela Plana Y Presión, 16 X 38 mm (5/8 X 1,5")	6
5	c/u	Seccionador Fusible Unipolar, Tipo Abierto 15 KV - 100	1
6	c/u	Tirafusible cabeza removible	
7	c/u	Pararrayos Clase Distribución Polimérico, Óxido Metálico, 10 kV, con desconectador	1
8	m	Cable unipolar de Cu, Aislado 15 kV, XLPE, AWG, 19 hilos, 100% NA	
9	c/u	Terminal de medio voltaje para exteriores con aislamiento 15 kV	1
10	m	Cable de Cu, cableado aislado 600 V, TW, 10 AWG	3
11	c/u	Estribo para derivación, aleación Cu-Sn	1
12	c/u	Grapa aleación de Al, Derivación para línea en caliente, Rango 4 - 2/0	1
13	c/u	Reversible EMT 110 mm	1
14	c/u	Tubo Rígido de acero galvanizado 110mm - 6 metros	1
15	m	Fleje de acero inoxidable ,0,76mm de espesor x 19,05mm de ancho	3
16	c/u	Hebilla para fleje de acero inoxidable de 19,05mm de ancho	3
17	c/u	Codo de acero galvanizado inoxidable de 110mm curva amplia de 90 grados	1

18	c/u	Unión para Tubo Rígido Conduit de acero galvanizado 110mm	1
19	c/u	Abrazadera acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 X 4 X 140 - 160 mm (1 1/2 X 11/64 X 5 1/2 - 6 1/2")	2
20	c/u	Accesorio de sujeción para terminal	1

Para el sistema de alumbrado público se proyectó utilizar postes metálicos de 8 metros sobre los cuales estarán instaladas luminarias de 180w autocontroladas, con conductor de alimentación TW de cobre calibre 10, y de esta manera cumplir con las especificaciones de los cálculos que se obtuvieron en Dialux.

Conclusiones

- La revisión de la metodología, normativa, especificaciones de los entes reguladores para la adecuación de redes y proyectos eléctricos permitieron obtener los procedimientos que se deben seguir para el diseño de redes de distribución, obteniendo el procedimiento que fue la base para el desarrollo de esta propuesta.
- El diagnóstico de la red existente demuestra que el constante cambio de la demanda eléctrica provoca en la red efectos negativos, como por ejemplo existen equipos que se encuentran subutilizados, sobredimensionados y desbalanceados, que afectan la eficiencia del sistema.
- La proyección de la demanda perteneciente a la zona de estudio se puede conocer de diversas maneras, las empresas distribuidoras no tienen una metodología única para llegar a este resultado, existen varios parámetros que forman parte de este estudio, en este caso se utilizó una metodología que utiliza parámetros que incluyen los consumos de energía y la utilización del suelo.
- El diseño de una red de distribución eléctrica subterránea cumple con los límites admisibles que exigen los entes reguladores, cumpliendo con la normativa nacional y local para nuevos proyectos.
- Para el diseño del sistema eléctrico de distribución es importante analizar cada circuito individualmente y también en conjunto, para este estudio se analizó de manera individual el sistema eléctrico de medio voltaje, bajo voltaje, alumbrado público y una vez obtenido los resultados y el análisis de cada parámetro se realizó el diseño para la disposición de la propuesta general.

Recomendaciones

- Es importante recurrir a las normas y metodología que desarrollan los entes reguladores locales, la información que manejan estas instituciones es más directa y permite un análisis más exacto, que cumplirá con las normativas y especificaciones para la zona donde se está desarrollando el proyecto.
- El orden dentro del desarrollo de la propuesta debe estar claro, de lo contrario se llegará a un punto dentro de la propuesta donde los análisis y cálculos que se han realizado se estancaran por la falta de datos acerca de la zona de estudio.
- El análisis y proyección de la demanda debe incluir la mayor cantidad de información posible acerca del consumo de los usuarios dentro de la zona de estudio, al utilizar información general como por ejemplo zonificación por estratos se pierde la noción de consumo individual de grandes cargas que se encuentran conectadas al sistema, y estas cargas son capaces de poner en riesgo la estabilidad del sistema.
- Se recomienda realizar un análisis del sistema eléctrico de distribución cada determinado tiempo para identificar el comportamiento que está teniendo la demanda de energía eléctrica de esta manera asegurar la eficiencia del sistema.

Referencias

- Acosta Montoya , Á. (2014). *Análisis de Sistemas Eléctricos de potencia Un enfoque Moderno*. Bogotá: Ediciones de la U.
- AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE ENERGIA Y DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES . (2019). *Estadística anual y multi anual del sector eléctrico ecuatoriano 2019*. Quito.
- (AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE ENERGIA Y DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES. (2020). *Resolución Nro ARCERNNR-017/2020*. Quito.
- AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE ENERGIA Y DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES. (2020). *Regulación No ARCERNNR 002-20*.
- AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE ENERGIA Y DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES. (2020). *RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR – 029/2020*. Quito.
- AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD. (2020). *PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN*. Quito.
- Alvarado, J. E. (30 de Abril de 2017). *Sector Electricidad*. Obtenido de Carga, demanda y energía eléctrica: Conceptos fundamentales para la distribución de electricidad: <http://www.sectorelectricidad.com/17597/carga-demanda-y-energia-electrica-conceptos-fundamentales-para-la-distribucion-de-electricidad/>
- Arboledas Brihuega, D. (2014). *Electricidad Básica*. Madrid: RA-MA.
- ARCONEL. (2018). *Estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano 2018*. Quito .
- Brokering Christie, W., Palma Benke, R., & Vargas Diaz , L. (2008). *Ñom Lúfke (El rayo dorado) o Los Sistemas Eléctricos de Potencia* . Santiago de Chile: Pearson Educación.
- CENACE. (30 de 07 de 2020). *Revista Técnica "energía"*. Obtenido de Diseño para la Conversión a un Sistema Subterráneo de la Red de Distribución de Energía Eléctrica en el Sector del Campus Centenario de la Universidad Politécnica Salesiana: <http://revistaenergia.cenace.org.ec/index.php/cenace/article/view/406>
- Cervan, D. (19 de Abri de 2017). *Dheybi Cervan*. Obtenido de Proyección de la demanda eléctrica: clasificación, variables y métodos empleados: <https://dheybicervan.com/proyeccion-de-la-demanda-electrica/>
- EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL NORTE. (2016). *ADECUACION DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE EMELNORTE, DIMENSIONAMIENTO DE TRANSFORMADORES Y MÉTODO DE CÁLCULO DE CAÍDAS DE VOLTAJE EN REDES SECUNDARIAS DE DISTRIBUCIÓN*. Ibarra.
- Espinosa, J. (2016). *Instalaciones de distribución*. León: MARCOMBO.
- García Trasancos , J. (2011). *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión* . Madrid: Paraninfo.

- Gobierno Autónomo descentralizado de Ibarra. (s.f.). *GeoPortal Ibarra*. Obtenido de El GeoPortal define un modelo de la realidad del cantón Ibarra, referido a un sistema de coordenadas terrestres.: <https://www.ibarra.gob.ec/site/geoportal/>
- Gobierno Autónomo descentralizado de Ibarra. (2020). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DEL DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN IBARRA . IBARRA*.
- Gómez, M. J. (Mayo de 2013). *SCIELO*. Obtenido de Análisis estadístico de la caída de tensión en un sistema eléctrico de baja tensión:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012013000200007
- Jimenez, J., Pérez, F., & Loor, R. (2018). Estudio por Microáreas de la Demanda Actual y Futura del Área de Cobertura de la Subestación 57 Pomasqui del Distrito Metropolitano de Quito . *Revista Técnica “energía”*, 33-43 .
- Juarez Cervantes, J. D. (1995). *Sistemas de distribución de energía eléctrica* . Mexico: Azcapotalco.
- Ramirez Castaño, S. (2004). *Redes de Distribución de Energía*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Ronquillo, S. (2016). *Academia* . Obtenido de https://www.academia.edu/9459503/HISTORIA_DEL_ORIGEN_Y_EVOLUCION_DE_LA_GENERACION_Y_DISTRIBUCION_DE_CORRIENTE_ELCTRICA

Anexos

Anexo 1. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 1

Factor A	11,1245					
fc (5 usuarios)	0,431151					
Usuarios	21					
fc	0,364801317					
SumaDind	207,1032891					
DMCtotal	75,55155258					
Luminarias	7					
Luminarias KW/h	482,4					
Luminarias KW	1,34					
Sumatoria	76,89155258					
Simulación de distribución de carga (kW)	16,25					
Factor Ajuste	0,211336609					
postes	luminarias	Consumo P	USUARIO	FACTOR B	DM coin	D ind
S3P196	1	22,25	1	0,12	1,30	0,60206
		114,00	1	0,60	6,65	3,08
S3P195	1	1278,17	1	6,70	74,56	34,59
		2722,92	1	14,28	158,84	73,68
		87,50	1	0,46	5,10	2,37
		425,08	1	2,23	24,80	11,50
		87,33	1	0,46	5,09	2,36
		75,50	1	0,40	4,40	2,04
		22,08	1	0,12	1,29	0,60
		64,50	1	0,34	3,76	1,75
		257,00	1	1,35	14,99	6,95
S3P194	1	311,75	1	1,63	18,19	8,44
		93,00	1	0,49	5,42	2,52
		290,58	1	1,52	16,95	7,86
		130,50	1	0,68	7,61	3,53
		361,67	1	1,90	21,10	9,79
		286,75	1	1,50	16,73	7,76
		296,25	1	1,55	17,28	8,02
		44,00	1	0,23	2,57	1,19
		399,42	1	2,09	23,30	10,81
		283,50	1	1,49	16,54	7,67

Anexo 2. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 2.

Factor A	11,1245					
fc (5 usuarios)	0,431151					
Usuarios	59					
fc	0,32406944					
SumaDind	593,4735962					
DMCtotal	192,3266559					
Luminarias	3					
Luminarias KW/h	174,6					
Luminarias KW	0,485					
Sumatoria	192,8116559					
Simulación de distribución de carga (kW)	70,85					
F. Ajuste	0,367457038					
postes	Luminarias	promedio	USUARIOS	FACTOR B	DM coin	D ind
S3P5092		2150,25	1,00	11,28	125,43	58,18
S3P199	1	59,42	1,00	0,31	3,47	1,61
		49,67	1,00	0,26	2,90	1,34
		112,50	1,00	0,59	6,56	3,04
		85,25	1,00	0,45	4,97	2,31
		567,67	1,00	2,98	33,11	15,36
		7,92	1,00	0,04	0,46	0,21
		24,58	1,00	0,13	1,43	0,67
		2786,58	1,00	14,61	162,55	75,40
		8,00	1,00	0,04	0,47	0,22
		107,17	1,00	0,56	6,25	2,90
		135,42	1,00	0,71	7,90	3,66
		90,50	1,00	0,47	5,28	2,45
		102,25	1,00	0,54	5,96	2,77
		134,00	1,00	0,70	7,82	3,63
		4026,67	1,00	21,11	234,89	108,96
		81,33	1,00	0,43	4,74	2,20
		47,25	1,00	0,25	2,76	1,28
		44,67	1,00	0,23	2,61	1,21
		55,50	1,00	0,29	3,24	1,50
		147,67	1,00	0,77	8,61	4,00
527,92	1,00	2,77	30,79	14,28		
623,42	1,00	3,27	36,37	16,87		
4,64	1,00	0,02	0,27	0,13		
10,00	1,00	0,05	0,58	0,27		
146,91	1,00	0,77	8,57	3,98		
24,18	1,00	0,13	1,41	0,65		
197,17	1,00	1,03	11,50	5,34		

		121,75	1,00	0,64	7,10	3,29
		189,50	1,00	0,99	11,05	5,13
		97,42	1,00	0,51	5,68	2,64
		8,67	1,00	0,05	0,51	0,23
		26,67	1,00	0,14	1,56	0,72
		92,67	1,00	0,49	5,41	2,51
		90,67	1,00	0,48	5,29	2,45
		28,60	1,00	0,15	1,67	0,77
		605,10	1,00	3,17	35,30	16,37
		0,10	1,00	0,00	0,01	0,00
S3P200		2014,08	1,00	10,56	117,49	54,50
		1125,25	1,00	5,90	65,64	30,45
		704,92	1,00	3,70	41,12	19,07
S3P73		90,42	1,00	0,47	5,27	2,45
		258,83	1,00	1,36	15,10	7,00
		118,17	1,00	0,62	6,89	3,20
		1057,67	1,00	5,55	61,70	28,62
		457,08	1,00	2,40	26,66	12,37
		194,25	1,00	1,02	11,33	5,26
		119,08	1,00	0,62	6,95	3,22
		157,00	1,00	0,82	9,16	4,25
		162,50	1,00	0,85	9,48	4,40
		1366,25	1,00	7,16	79,70	36,97
		80,92	1,00	0,42	4,72	2,19
		142,83	1,00	0,75	8,33	3,86
		62,08	1,00	0,33	3,62	1,68
		9,92	1,00	0,05	0,58	0,27
		73,33	1,00	0,38	4,28	1,98
		56,33	1,00	0,30	3,29	1,52
		56,14	1,00	0,29	3,27	1,52
		5,86	1,00	0,03	0,34	0,16

Anexo 3. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 3.

Factor A	11,12					
fc (5 usuarios)	0,43					
Usuarios	55,00					
fc	0,33					
SumaDind	286,71					
DMCtotal	93,66					
Luminarias	4,00					
Luminarias KW/h	259,20					
Luminarias KW	0,72					
sumatoria	94,38					
Simulación de Distribución de carga (kW)	21,37					
F. Ajuste	0,23					
poste	usuarios	Promedio		FACTOR B	DM coin	D ind
J1P3258	21	423,50	1,00	2,22	24,70	11,46
		182,75	1,00	0,96	10,66	4,95
		702,67	1,00	3,68	40,99	19,01
		660,75	1,00	3,46	38,54	17,88
		81,17	1,00	0,43	4,73	2,20
		183,08	1,00	0,96	10,68	4,95
		84,17	1,00	0,44	4,91	2,28
		105,92	1,00	0,56	6,18	2,87
		8,08	1,00	0,04	0,47	0,22
		227,50	1,00	1,19	13,27	6,16
		25,25	1,00	0,13	1,47	0,68
		155,50	1,00	0,82	9,07	4,21
		157,17	1,00	0,82	9,17	4,25
		239,67	1,00	1,26	13,98	6,49
		108,50	1,00	0,57	6,33	2,94
		574,67	1,00	3,01	33,52	15,55
		266,25	1,00	1,40	15,53	7,20
		134,83	1,00	0,71	7,87	3,65
		325,25	1,00	1,71	18,97	8,80
		379,33	1,00	1,99	22,13	10,26
53,50	1,00	0,28	3,12	1,45		
S2P185	9	0,00		0,00	0,00	0,00
		514,08	1,00	2,70	29,99	13,91
		395,83	1,00	2,08	23,09	10,71
		98,33	1,00	0,52	5,74	2,66
		278,67	1,00	1,46	16,26	7,54
		245,75	1,00	1,29	14,34	6,65
		363,92	1,00	1,91	21,23	9,85

		514,71	1,00	2,70	30,02	13,93
J1P3257	27	96,75	1,00	0,51	5,64	2,62
		114,50	1,00	0,60	6,68	3,10
		661,83	1,00	3,47	38,61	17,91
		531,42	1,00	2,79	31,00	14,38
		115,75	1,00	0,61	6,75	3,13
		49,25	1,00	0,26	2,87	1,33
		80,58	1,00	0,42	4,70	2,18
		109,33	1,00	0,57	6,38	2,96
		0,58	1,00	0,00	0,03	0,02
		45,00	1,00	0,24	2,62	1,22
		126,83	1,00	0,67	7,40	3,43
		45,67	1,00	0,24	2,66	1,24
		70,42	1,00	0,37	4,11	1,91
		98,17	1,00	0,51	5,73	2,66
		36,92	1,00	0,19	2,15	1,00
		84,25	1,00	0,44	4,91	2,28
		63,42	1,00	0,33	3,70	1,72
		83,83	1,00	0,44	4,89	2,27
		1,00	1,00	0,01	0,06	0,03
		8,50	1,00	0,04	0,50	0,23
		66,17	1,00	0,35	3,86	1,79
		32,17	1,00	0,17	1,88	0,87
		140,17	1,00	0,73	8,18	3,79
		55,92	1,00	0,29	3,26	1,51
		91,92	1,00	0,48	5,36	2,49
		286,75	1,00	1,50	16,73	7,76
		8,00	1,00	0,04	0,47	0,22

Anexo 4. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 4.

Factor A	11,1245					
fc (5 usuarios)	0,431151					
Usuarios	25					
fc	0,357541967					
SumaDind	214,7452189					
DMCtotal	76,78042808					
Luminarias	2					
Luminarias KW/h	129,6					
Luminarias KW	0,36					
Sumatoria	77,14042808					
Simulación de Distribución de carga (kW)	20,18					
F. Ajuste	0,26160083					
Postes	usuarios	promedio C		FACTOR B	DM coin	D ind
J1P3256	14	130,50	1,00	0,68	7,61	3,53
		94,75	1,00	0,50	5,53	2,56
		52,17	1,00	0,27	3,04	1,41
		252,67	1,00	1,32	14,74	6,84
		546,58	1,00	2,87	31,88	14,79
		65,00	1,00	0,34	3,79	1,76
		125,08	1,00	0,66	7,30	3,38
		0,00		0,00	0,00	0,00
		93,25	1,00	0,49	5,44	2,52
		123,58	1,00	0,65	7,21	3,34
		108,42	1,00	0,57	6,32	2,93
		61,08	1,00	0,32	3,56	1,65
		1875,25	1,00	9,83	109,39	50,74
		103,67	1,00	0,54	6,05	2,81
J1P3255	3	826,50	1,00	4,33	48,21	22,36
		245,17	1,00	1,29	14,30	6,63
		135,08	1,00	0,71	7,88	3,66
J1P3253	10	238,17	1,00	1,25	13,89	6,44
		299,83	1,00	1,57	17,49	8,11
		1380,67	1,00	7,24	80,54	37,36
		0,08	1,00	0,00	0,00	0,00
		17,50	1,00	0,09	1,02	0,47
		97,75	1,00	0,51	5,70	2,65
		467,17	1,00	2,45	27,25	12,64
		139,00	1,00	0,73	8,11	3,76
		0,00		0,00	0,00	0,00
457,25	1,00	2,40	26,67	12,37		

Anexo 5. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 5.

Factor A	11,1245					
fc (5 usuarios)	0,431151					
Usuarios	10					
fc	0,397576573					
SumaDind	67,65441757					
DMCtotal	26,89781149					
Luminarias	3					
Luminarias KW/h	194,4					
Luminarias KW	0,54					
Sumatoria	27,43781149					
Simulación de distribución de carga (kW)	5,23					
F. Ajuste	0,19061287					
Postes	usuarios	promedio		FACTOR B	DM coin	D ind
S3P198	2	121,75	1,00	0,64	7,10	3,29
		925,75	1,00	4,85	54,00	25,05
S3P5100	0			0,00	0,00	0,00
S3P70	8	260,33	1,00	1,37	15,19	7,04
		120,42	1,00	0,63	7,02	3,26
		472,42	1,00	2,48	27,56	12,78
		177,75	1,00	0,93	10,37	4,81
		224,58	1,00	1,18	13,10	6,08
		14,33	1,00	0,08	0,84	0,39
		83,75	1,00	0,44	4,89	2,27
		99,17	1,00	0,52	5,78	2,68

Anexo 6. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 6

Factor A	11,1245					
fc (5 usuarios)	0,431151					
Usuarios	110					
fc	0,301995138					
SumaDind	1396,215534					
DMCtotal	421,6503032					
Luminarias	6					
Luminarias KW/h	388,8					
Luminarias KW	1,08					
Sumatoria	422,7303032					
Simulación de Distribución de carga (kW)	195,93					
F. Ajuste	0,463487					
Postes	usuarios	Promedio Usuarios		FACTOR B	DM coin	D ind
S3P65	16	454,33	1,00	2,38	26,50	12,29
		274,08	1,00	1,44	15,99	7,42
		115,08	1,00	0,60	6,71	3,11
		7,25	1,00	0,04	0,42	0,20
		120,67	1,00	0,63	7,04	3,27
		63,25	1,00	0,33	3,69	1,71
		8,58	1,00	0,05	0,50	0,23
		116,83	1,00	0,61	6,82	3,16
		301,50	1,00	1,58	17,59	8,16
		370,92	1,00	1,94	21,64	10,04
		731,42	1,00	3,84	42,67	19,79
		160,25	1,00	0,84	9,35	4,34
		25210,00	1,00	132,19	1470,57	682,16
		552,08	1,00	2,89	32,20	14,94
		226,00	1,00	1,19	13,18	6,12
		284,33	1,00	1,49	16,59	7,69
S3P72	23	0,83	1,00	0,00	0,05	0,02
		213,33	1,00	1,12	12,44	5,77
		19,25	1,00	0,10	1,12	0,52
		323,83	1,00	1,70	18,89	8,76
		133,25	1,00	0,70	7,77	3,61
		10,42	1,00	0,05	0,61	0,28
		1754,58	1,00	9,20	102,35	47,48
		135,17	1,00	0,71	7,88	3,66
		312,75	1,00	1,64	18,24	8,46
		571,42	1,00	3,00	33,33	15,46
		151,58	1,00	0,79	8,84	4,10
		85,67	1,00	0,45	5,00	2,32
		96,67	1,00	0,51	5,64	2,62

		137,00	1,00	0,72	7,99	3,71
		77,75	1,00	0,41	4,54	2,10
		175,17	1,00	0,92	10,22	4,74
		188,33	1,00	0,99	10,99	5,10
		142,92	1,00	0,75	8,34	3,87
		436,33	1,00	2,29	25,45	11,81
		458,75	1,00	2,41	26,76	12,41
		78,92	1,00	0,41	4,60	2,14
		395,00	1,00	2,07	23,04	10,69
		100,40	1,00	0,53	5,86	2,72
S3P5119	0			0,00	0,00	0,00
S3P71	14	4,58	1,00	0,02	0,27	0,12
		214,17	1,00	1,12	12,49	5,80
		853,25	1,00	4,47	49,77	23,09
		134,50	1,00	0,71	7,85	3,64
		8,25	1,00	0,04	0,48	0,22
		344,08	1,00	1,80	20,07	9,31
		357,50	1,00	1,87	20,85	9,67
		9,17	1,00	0,05	0,53	0,25
		39,25	1,00	0,21	2,29	1,06
		12,67	1,00	0,07	0,74	0,34
		2077,33	1,00	10,89	121,18	56,21
		0,00		0,00	0,00	0,00
		1390,75	1,00	7,29	81,13	37,63
		1408,33	1,00	7,38	82,15	38,11
S3P69	20	38,00	1,00	0,20	2,22	1,03
		193,00	1,00	1,01	11,26	5,22
		108,17	1,00	0,57	6,31	2,93
		141,00	1,00	0,74	8,22	3,82
		47,92	1,00	0,25	2,80	1,30
		33,42	1,00	0,18	1,95	0,90
		74,75	1,00	0,39	4,36	2,02
		63,50	1,00	0,33	3,70	1,72
		175,50	1,00	0,92	10,24	4,75
		278,67	1,00	1,46	16,26	7,54
		174,92	1,00	0,92	10,20	4,73
		68,67	1,00	0,36	4,01	1,86
		167,92	1,00	0,88	9,80	4,54
		268,75	1,00	1,41	15,68	7,27
		46,83	1,00	0,25	2,73	1,27
		96,67	1,00	0,51	5,64	2,62
		897,25	1,00	4,70	52,34	24,28
		148,33	1,00	0,78	8,65	4,01
		21,33	1,00	0,11	1,24	0,58

		113,75	1,00	0,60	6,64	3,08
S3P66	13	116,50	1,00	0,61	6,80	3,15
		140,50	1,00	0,74	8,20	3,80
		38,08	1,00	0,20	2,22	1,03
		208,42	1,00	1,09	12,16	5,64
		209,50	1,00	1,10	12,22	5,67
		165,58	1,00	0,87	9,66	4,48
		118,50	1,00	0,62	6,91	3,21
		135,58	1,00	0,71	7,91	3,67
		120,33	1,00	0,63	7,02	3,26
		79,58	1,00	0,42	4,64	2,15
		285,00	1,00	1,49	16,62	7,71
		45,50	1,00	0,24	2,65	1,23
		199,83	1,00	1,05	11,66	5,41
S3P67	25	111,25	1,00	0,58	6,49	3,01
		388,58	1,00	2,04	22,67	10,51
		140,00	1,00	0,73	8,17	3,79
		71,92	1,00	0,38	4,20	1,95
		172,92	1,00	0,91	10,09	4,68
		119,75	1,00	0,63	6,99	3,24
		3,67	1,00	0,02	0,21	0,10
		62,00	1,00	0,33	3,62	1,68
		281,17	1,00	1,47	16,40	7,61
		130,00	1,00	0,68	7,58	3,52
		602,75	1,00	3,16	35,16	16,31
		82,25	1,00	0,43	4,80	2,23
		125,67	1,00	0,66	7,33	3,40
		107,00	1,00	0,56	6,24	2,90
		172,50	1,00	0,90	10,06	4,67
		382,75	1,00	2,01	22,33	10,36
		536,33	1,00	2,81	31,29	14,51
		170,83	1,00	0,90	9,97	4,62
		205,33	1,00	1,08	11,98	5,56
		140,58	1,00	0,74	8,20	3,80
		61,83	1,00	0,32	3,61	1,67
		38,58	1,00	0,20	2,25	1,04
		40,00	1,00	0,21	2,33	1,08
		537,25	1,00	2,82	31,34	14,54
		42,92	1,00	0,23	2,50	1,16

Anexo 7. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 7

Factor A	11,1245					
fc (5 usuarios)	0,431151					
Usuarios	107					
fc	0,30293798					
SumaDind	434,645189					
DMCtotal	131,6705357					
Luminarias	6					
Luminarias KW/h	388,8					
Luminarias KW	1,08					
Sumatoria	132,7505357					
Simulación de distribución de carga (kW)	10,97					
F. Ajuste	0,082636201					
Postes	usuarios	Promedio Usuarios		FACTOR B	DM coin	D ind
S2P186	19	74,17	1,00	0,39	4,33	2,01
		315,83	1,00	1,66	18,42	8,55
		174,42	1,00	0,91	10,17	4,72
		153,33	1,00	0,80	8,94	4,15
		241,92	1,00	1,27	14,11	6,55
		60,50	1,00	0,32	3,53	1,64
		357,17	1,00	1,87	20,83	9,66
		75,00	1,00	0,39	4,37	2,03
		197,58	1,00	1,04	11,53	5,35
		563,33	1,00	2,95	32,86	15,24
		145,83	1,00	0,76	8,51	3,95
		357,08	1,00	1,87	20,83	9,66
		39,42	1,00	0,21	2,30	1,07
		80,50	1,00	0,42	4,70	2,18
		66,00	1,00	0,35	3,85	1,79
		108,58	1,00	0,57	6,33	2,94
		38,67	1,00	0,20	2,26	1,05
		61,83	1,00	0,32	3,61	1,67
		51,83	1,00	0,27	3,02	1,40
S2P187	30	229,08	1,00	1,20	13,36	6,20
		248,67	1,00	1,30	14,51	6,73
		31,67	1,00	0,17	1,85	0,86
		976,25	1,00	5,12	56,95	26,42
		111,50	1,00	0,58	6,50	3,02
		146,67	1,00	0,77	8,56	3,97
		0,00		0,00	0,00	0,00
		430,75	1,00	2,26	25,13	11,66
		155,92	1,00	0,82	9,10	4,22
		29,92	1,00	0,16	1,75	0,81

		293,92	1,00	1,54	17,14	7,95
		340,17	1,00	1,78	19,84	9,20
		21,00	1,00	0,11	1,22	0,57
		46,33	1,00	0,24	2,70	1,25
		130,25	1,00	0,68	7,60	3,52
		23,25	1,00	0,12	1,36	0,63
		10,17	1,00	0,05	0,59	0,28
		81,25	1,00	0,43	4,74	2,20
		12,58	1,00	0,07	0,73	0,34
		31,50	1,00	0,17	1,84	0,85
		82,75	1,00	0,43	4,83	2,24
		25,92	1,00	0,14	1,51	0,70
		110,67	1,00	0,58	6,46	2,99
		60,58	1,00	0,32	3,53	1,64
		0,58	1,00	0,00	0,03	0,02
		9,25	1,00	0,05	0,54	0,25
		7,83	1,00	0,04	0,46	0,21
		13,67	1,00	0,07	0,80	0,37
		14,42	1,00	0,08	0,84	0,39
		274,25	1,00	1,44	16,00	7,42
S2P188	9	175,58	1,00	0,92	10,24	4,75
		267,33	1,00	1,40	15,59	7,23
		277,67	1,00	1,46	16,20	7,51
		66,67	1,00	0,35	3,89	1,80
		86,08	1,00	0,45	5,02	2,33
		236,92	1,00	1,24	13,82	6,41
		77,08	1,00	0,40	4,50	2,09
		163,67	1,00	0,86	9,55	4,43
		250,17	1,00	1,31	14,59	6,77
J1P3232	24	41,17	1,00	0,22	2,40	1,11
		139,75	1,00	0,73	8,15	3,78
		35,08	1,00	0,18	2,05	0,95
		94,83	1,00	0,50	5,53	2,57
		555,25	1,00	2,91	32,39	15,02
		89,33	1,00	0,47	5,21	2,42
		139,00	1,00	0,73	8,11	3,76
		92,67	1,00	0,49	5,41	2,51
		223,00	1,00	1,17	13,01	6,03
		32,42	1,00	0,17	1,89	0,88
		109,33	1,00	0,57	6,38	2,96
		118,58	1,00	0,62	6,92	3,21
		15,42	1,00	0,08	0,90	0,42
		56,58	1,00	0,30	3,30	1,53
		474,25	1,00	2,49	27,66	12,83

		141,58	1,00	0,74	8,26	3,83
		52,08	1,00	0,27	3,04	1,41
		157,17	1,00	0,82	9,17	4,25
		143,33	1,00	0,75	8,36	3,88
		162,42	1,00	0,85	9,47	4,39
		16,83	1,00	0,09	0,98	0,46
		15,17	1,00	0,08	0,88	0,41
		179,75	1,00	0,94	10,49	4,86
		38,42	1,00	0,20	2,24	1,04
J1P3231	7	177,67	1,00	0,93	10,36	4,81
		153,58	1,00	0,81	8,96	4,16
		38,08	1,00	0,20	2,22	1,03
		51,67	1,00	0,27	3,01	1,40
		143,92	1,00	0,75	8,40	3,89
		10,17	1,00	0,05	0,59	0,28
		28,58	1,00	0,15	1,67	0,77
J1P3230	19	94,67	1,00	0,50	5,52	2,56
		98,50	1,00	0,52	5,75	2,67
		86,83	1,00	0,46	5,07	2,35
		381,67	1,00	2,00	22,26	10,33
		373,75	1,00	1,96	21,80	10,11
		361,92	1,00	1,90	21,11	9,79
		304,42	1,00	1,60	17,76	8,24
		413,25	1,00	2,17	24,11	11,18
		94,17	1,00	0,49	5,49	2,55
		0,83	1,00	0,00	0,05	0,02
		66,08	1,00	0,35	3,85	1,79
		70,00	1,00	0,37	4,08	1,89
		34,58	1,00	0,18	2,02	0,94
		243,83	1,00	1,28	14,22	6,60
		52,17	1,00	0,27	3,04	1,41
		382,42	1,00	2,01	22,31	10,35
		270,25	1,00	1,42	15,76	7,31
		40,17	1,00	0,21	2,34	1,09
		251,33	1,00	1,32	14,66	6,80

Anexo 8. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 8.

Factor A	11,1245					
fc (5 usuarios)	0,431151					
Usuarios	68					
fc	0,318882143					
SumaDind	578,8992988					
DMCtotal	184,600649					
Luminarias	4					
Luminarias KW/h	259,2					
Luminarias KW	0,72					
Sumatoria	185,320649					
Simulación de Distribución de carga (kW)	20,41					
F. Ajuste	0,110133437					
Postes	usuarios	Promedio Usuarios		FACTOR B	DM coin	D ind
J1P3254	0		1	0	0	0
		228,83	1,00	1,20	13,35	6,19
		2030,00	1,00	10,64	118,42	54,93
		1686,33	1,00	8,84	98,37	45,63
		176,42	1,00	0,93	10,29	4,77
		295,17	1,00	1,55	17,22	7,99
		239,83	1,00	1,26	13,99	6,49
		55,83	1,00	0,29	3,26	1,51
		38,92	1,00	0,20	2,27	1,05
		74,75	1,00	0,39	4,36	2,02
		109,50	1,00	0,57	6,39	2,96
		22,67	1,00	0,12	1,32	0,61
		944,42	1,00	4,95	55,09	25,56
		96,67	1,00	0,51	5,64	2,62
		48,25	1,00	0,25	2,81	1,31
		303,42	1,00	1,59	17,70	8,21
		291,67	1,00	1,53	17,01	7,89
		505,42	1,00	2,65	29,48	13,68
		246,67	1,00	1,29	14,39	6,67
		258,08	1,00	1,35	15,05	6,98
		66,42	1,00	0,35	3,87	1,80
		26,25	1,00	0,14	1,53	0,71
		0,00		0,00	0,00	0,00
		269,58	1,00	1,41	15,73	7,29
		253,75	1,00	1,33	14,80	6,87
		57,17	1,00	0,30	3,33	1,55
		767,33	1,00	4,02	44,76	20,76
		113,08	1,00	0,59	6,60	3,06
J1P3235	30	799,00	1,00	4,19	46,61	21,62

		63,67	1,00	0,33	3,71	1,72
		55,08	1,00	0,29	3,21	1,49
		176,42	1,00	0,93	10,29	4,77
		295,17	1,00	1,55	17,22	7,99
		239,83	1,00	1,26	13,99	6,49
		55,83	1,00	0,29	3,26	1,51
		38,92	1,00	0,20	2,27	1,05
		74,75	1,00	0,39	4,36	2,02
		109,50	1,00	0,57	6,39	2,96
		22,67	1,00	0,12	1,32	0,61
		944,42	1,00	4,95	55,09	25,56
		96,67	1,00	0,51	5,64	2,62
		48,25	1,00	0,25	2,81	1,31
		303,42	1,00	1,59	17,70	8,21
		291,67	1,00	1,53	17,01	7,89
		505,42	1,00	2,65	29,48	13,68
		0,00		0,00	0,00	0,00
		269,58	1,00	1,41	15,73	7,29
		767,33	1,00	4,02	44,76	20,76
		113,08	1,00	0,59	6,60	3,06
		799,00	1,00	4,19	46,61	21,62
J1P3234	20	63,67	1,00	0,33	3,71	1,72
		403,00	1,00	2,11	23,51	10,90
J1P3233	3	608,83	1,00	3,19	35,51	16,47
		697,67	1,00	3,66	40,70	18,88
		201,75	1,00	1,06	11,77	5,46
		1778,00	1,00	9,32	103,72	48,11
		59,00	1,00	0,31	3,44	1,60
		145,00	1,00	0,76	8,46	3,92
		220,83	1,00	1,16	12,88	5,98
		186,50	1,00	0,98	10,88	5,05
		415,50	1,00	2,18	24,24	11,24
		22,00	1,00	0,12	1,28	0,60
		5,00	1,00	0,03	0,29	0,14
		54,08	1,00	0,28	3,15	1,46
		63,00	1,00	0,33	3,67	1,70
		111,25	1,00	0,58	6,49	3,01
		100,25	1,00	0,53	5,85	2,71
		23,92	1,00	0,13	1,40	0,65
J1P3229	16	940,50	1,00	4,93	54,86	25,45
		18,08	1,00	0,09	1,05	0,49

Anexo 9. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 9.

Factor A	11,1245					
fc (5 usuarios)	0,431151					
Usuarios	62					
fc	0,322246511					
SumaDind	346,0921565					
DMCtotal	111,5269899					
Luminarias	3					
Luminarias KW/h	194,4					
Luminarias KW	0,54					
Sumatoria	112,0669899					
Simulación de Distribución de carga (kW)	87,47					
F. Ajuste	0,780515298					
Postes	usuarios	Promedio Usuarios		FACTOR B	DM coin	D ind
S3P64	18	482,50	1,00	2,53	28,15	13,06
		428,50	1,00	2,25	25,00	11,59
		511,83	1,00	2,68	29,86	13,85
		1073,58	1,00	5,63	62,63	29,05
		306,92	1,00	1,61	17,90	8,30
		78,92	1,00	0,41	4,60	2,14
		180,17	1,00	0,94	10,51	4,88
		352,75	1,00	1,85	20,58	9,55
		358,25	1,00	1,88	20,90	9,69
		92,33	1,00	0,48	5,39	2,50
		349,83	1,00	1,83	20,41	9,47
		110,08	1,00	0,58	6,42	2,98
		469,50	1,00	2,46	27,39	12,70
		23,33	1,00	0,12	1,36	0,63
		167,42	1,00	0,88	9,77	4,53
		836,83	1,00	4,39	48,81	22,64
		672,67	1,00	3,53	39,24	18,20
		88,83	1,00	0,47	5,18	2,40
S3P63	31	21,92	1,00	0,11	1,28	0,59
		149,17	1,00	0,78	8,70	4,04
		12,75	1,00	0,07	0,74	0,35
		17,17	1,00	0,09	1,00	0,46
		4,92	1,00	0,03	0,29	0,13
		97,75	1,00	0,51	5,70	2,65
		104,17	1,00	0,55	6,08	2,82
		34,17	1,00	0,18	1,99	0,92
		119,42	1,00	0,63	6,97	3,23

		57,83	1,00	0,30	3,37	1,56
		4,33	1,00	0,02	0,25	0,12
		110,42	1,00	0,58	6,44	2,99
		5,17	1,00	0,03	0,30	0,14
		104,75	1,00	0,55	6,11	2,83
		58,33	1,00	0,31	3,40	1,58
		53,75	1,00	0,28	3,14	1,45
		213,50	1,00	1,12	12,45	5,78
		112,25	1,00	0,59	6,55	3,04
		744,58	1,00	3,90	43,43	20,15
		211,00	1,00	1,11	12,31	5,71
		8,00	1,00	0,04	0,47	0,22
		96,83	1,00	0,51	5,65	2,62
		48,33	1,00	0,25	2,82	1,31
		150,67	1,00	0,79	8,79	4,08
		191,92	1,00	1,01	11,20	5,19
		65,08	1,00	0,34	3,80	1,76
		54,92	1,00	0,29	3,20	1,49
		269,42	1,00	1,41	15,72	7,29
		193,67	1,00	1,02	11,30	5,24
		64,33	1,00	0,34	3,75	1,74
		605,08	1,00	3,17	35,30	16,37
		17,58	1,00	0,09	1,03	0,48
		71,75	1,00	0,38	4,19	1,94
		332,67	1,00	1,74	19,41	9,00
		22,58	1,00	0,12	1,32	0,61
		425,33	1,00	2,23	24,81	11,51
		95,00	1,00	0,50	5,54	2,57
S3P90	14	603,75	1,00	3,17	35,22	16,34
		208,08	1,00	1,09	12,14	5,63
		134,00	1,00	0,70	7,82	3,63
		25,00	1,00	0,13	1,46	0,68
		109,00	1,00	0,57	6,36	2,95
		173,75	1,00	0,91	10,14	4,70
		1,92	1,00	0,01	0,11	0,05

Anexo 10. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 10.

Factor A	11,1245					
fc (5 usuarios)	0,431151					
Usuarios	43					
fc	0,335973653					
SumaDind	1496,785496					
DMCtotal	502,8804908					
Luminarias	3					
Luminarias KW/h	194,4					
Luminarias KW	0,54					
Sumatoria	503,4204908					
Simulación de Distribución de carga (kW)	20,15					
F. Ajuste	0,040026182					
Postes	usuarios	Promedio Usuarios		FACTOR B	DM coin	D ind
S3P88	8	279,75	1,00	1,47	16,32	7,57
		63,17	1,00	0,33	3,68	1,71
		118,75	1,00	0,62	6,93	3,21
		701,58	1,00	3,68	40,93	18,98
		282,08	1,00	1,48	16,45	7,63
		127,00	1,00	0,67	7,41	3,44
		133,83	1,00	0,70	7,81	3,62
		69,25	1,00	0,36	4,04	1,87
S3P86	1	3965,67	1,00	20,79	231,33	107,31
S3P8010	2	1859,08	1,00	9,75	108,45	50,31
		33210,00	1,00	174,14	1937,23	898,63
S3P85	0			0,00	0,00	0,00
S3P87	15	118,17	1,00	0,62	6,89	3,20
		597,92	1,00	3,14	34,88	16,18
		110,08	1,00	0,58	6,42	2,98
		749,00	1,00	3,93	43,69	20,27
		528,08	1,00	2,77	30,80	14,29
		1069,33	1,00	5,61	62,38	28,94
		98,83	1,00	0,52	5,77	2,67
		36,75	1,00	0,19	2,14	0,99
		27,75	1,00	0,15	1,62	0,75
		497,42	1,00	2,61	29,02	13,46
		22,00	1,00	0,12	1,28	0,60
		343,00	1,00	1,80	20,01	9,28
		232,58	1,00	1,22	13,57	6,29
		369,83	1,00	1,94	21,57	10,01
		244,92	1,00	1,28	14,29	6,63
S3P84	4	1450,58	1,00	7,61	84,62	39,25
		719,92	1,00	3,77	41,99	19,48

		1039,42	1,00	5,45	60,63	28,13
		1490,75	1,00	7,82	86,96	40,34
S3P83	1	0,00		0,00	0,00	0,00
S3P82	16	0,00		0,00	0,00	0,00
		1302,50	1,00	6,83	75,98	35,24
		80,25	1,00	0,42	4,68	2,17
		271,00	1,00	1,42	15,81	7,33
		360,25	1,00	1,89	21,01	9,75
		306,42	1,00	1,61	17,87	8,29
		989,08	1,00	5,19	57,70	26,76
		56,67	1,00	0,30	3,31	1,53
		25,25	1,00	0,13	1,47	0,68
		0,00		0,00	0,00	0,00
		0,00		0,00	0,00	0,00
		1007,25	1,00	5,28	58,76	27,26
		56,92	1,00	0,30	3,32	1,54
		138,83	1,00	0,73	8,10	3,76
		56,42	1,00	0,30	3,29	1,53
		108,17	1,00	0,57	6,31	2,93

Anexo 11. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 11.

Factor A	11,1245					
fc (5 usuarios)	0,431151					
Usuarios	31					
fc	0,348806767					
SumaDind	347,1104792					
DMCtotal	121,0744842					
Luminarias	3					
Luminarias KW/h	194,4					
Luminarias KW	0,54					
Sumatoria	121,6144842					
Simulación de distribución de carga (kW)	6,97					
F. Ajuste	0,057312252					
Postes	usuarios	Promedio Usuarios		FACTOR B	DM coin	D ind
S3P89	14	495,08	1,00	2,60	28,88	13,40
		168,67	1,00	0,88	9,84	4,56
		8,75	1,00	0,05	0,51	0,24
		303,58	1,00	1,59	17,71	8,21
		52,58	1,00	0,28	3,07	1,42
		53,83	1,00	0,28	3,14	1,46
		18,17	1,00	0,10	1,06	0,49
		64,25	1,00	0,34	3,75	1,74
		172,08	1,00	0,90	10,04	4,66
		331,00	1,00	1,74	19,31	8,96
		279,67	1,00	1,47	16,31	7,57
		166,33	1,00	0,87	9,70	4,50
		359,83	1,00	1,89	20,99	9,74
		60,20	1,00	0,32	3,51	1,63
S3P62	0			0,00	0,00	0,00
S3P74	2	0,00		0,00	0,00	0,00
		277,00	1,00	1,45	16,16	7,50
S3P76	16	1215,33	1,00	6,37	70,89	32,89
		1465,67	1,00	7,69	85,50	39,66
		265,58	1,00	1,39	15,49	7,19
		416,67	1,00	2,18	24,31	11,27
		1262,42	1,00	6,62	73,64	34,16
		319,33	1,00	1,67	18,63	8,64
		62,42	1,00	0,33	3,64	1,69
		172,92	1,00	0,91	10,09	4,68
		1829,67	1,00	9,59	106,73	49,51
		125,17	1,00	0,66	7,30	3,39
		43,25	1,00	0,23	2,52	1,17
		379,75	1,00	1,99	22,15	10,28

		193,50	1,00	1,01	11,29	5,24
		3,00	1,00	0,02	0,17	0,08
		1477,58	1,00	7,75	86,19	39,98
		784,60	1,00	4,11	45,77	21,23

Anexo 12. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 12

Factor A	11,1245					
fc (5 usuarios)	0,431151					
Usuarios	55					
fc	0,326669722					
SumaDind	441,0108332					
DMCtotal	144,0648861					
Luminarias	3					
Luminarias KW/h	194,4					
Luminarias KW	0,54					
Sumatoria	144,6048861					
Simulación de distribución de carga (kW)	6,15					
F. Ajuste	0,042529683					
Postes	usuarios	Promedio Usuarios		FACTOR B	DM coin	D ind
		138,50	1,00	0,73	8,08	3,75
		79,67	1,00	0,42	4,65	2,16
		69,17	1,00	0,36	4,03	1,87
		15,75	1,00	0,08	0,92	0,43
		408,25	1,00	2,14	23,81	11,05
		115,67	1,00	0,61	6,75	3,13
		211,58	1,00	1,11	12,34	5,73
		298,67	1,00	1,57	17,42	8,08
		532,75	1,00	2,79	31,08	14,42
		122,17	1,00	0,64	7,13	3,31
		149,75	1,00	0,79	8,74	4,05
		45,17	1,00	0,24	2,63	1,22
		102,33	1,00	0,54	5,97	2,77
		178,75	1,00	0,94	10,43	4,84
		153,08	1,00	0,80	8,93	4,14
		31,67	1,00	0,17	1,85	0,86
		68,92	1,00	0,36	4,02	1,86
		281,42	1,00	1,48	16,42	7,61
		180,75	1,00	0,95	10,54	4,89
S3P77	24	1459,25	1,00	7,65	85,12	39,49

		354,25	1,00	1,86	20,66	9,59
		156,42	1,00	0,82	9,12	4,23
		62,83	1,00	0,33	3,67	1,70
		860,25	1,00	4,51	50,18	23,28
S3P78	0			0,00	0,00	0,00
		391,33	1,00	2,05	22,83	10,59
		252,33	1,00	1,32	14,72	6,83
S3P80	3	212,17	1,00	1,11	12,38	5,74
		139,92	1,00	0,73	8,16	3,79
		484,33	1,00	2,54	28,25	13,11
		424,42	1,00	2,23	24,76	11,48
		99,08	1,00	0,52	5,78	2,68
		934,17	1,00	4,90	54,49	25,28
		1658,50	1,00	8,70	96,74	44,88
		202,75	1,00	1,06	11,83	5,49
S3P81	8	216,50	1,00	1,14	12,63	5,86
		38,33	1,00	0,20	2,24	1,04
		2,17	1,00	0,01	0,13	0,06
		621,25	1,00	3,26	36,24	16,81
		430,83	1,00	2,26	25,13	11,66
		29,00	1,00	0,15	1,69	0,78
		80,75	1,00	0,42	4,71	2,19
		27,42	1,00	0,14	1,60	0,74
		73,25	1,00	0,38	4,27	1,98
		436,75	1,00	2,29	25,48	11,82
		52,58	1,00	0,28	3,07	1,42
		44,17	1,00	0,23	2,58	1,20
		115,67	1,00	0,61	6,75	3,13
		564,75	1,00	2,96	32,94	15,28
		666,42	1,00	3,49	38,87	18,03
		23,42	1,00	0,12	1,37	0,63
		1423,25	1,00	7,46	83,02	38,51
		199,25	1,00	1,04	11,62	5,39
		94,33	1,00	0,49	5,50	2,55
		239,92	1,00	1,26	13,99	6,49
S3P79	20	42,08	1,00	0,22	2,45	1,14

Anexo 13. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 13

Factor A	11,1245					
fc (5 usuarios)	0,431151					
Usuarios	48					
fc	0,331779202					
SumaDind	221,4085127					
DMCtotal	73,45873962					
Luminarias	3					
Luminarias KW/h	194,4					
Luminarias KW	0,54					
Sumatoria	73,99873962					
Simulación de Distribución de carga (kW)	5,52					
F. Ajuste	0,074595865					
Postes	usuarios	Promedio Usuarios		FACTOR B	DM coin	D ind
J1P3482	11	309,67	1,00	1,62	18,06	8,38
		0,00		0,00	0,00	0,00
		581,17	1,00	3,05	33,90	15,73
		716,50	1,00	3,76	41,80	19,39
		159,42	1,00	0,84	9,30	4,31
		0,08	1,00	0,00	0,00	0,00
		88,50	1,00	0,46	5,16	2,39
		149,25	1,00	0,78	8,71	4,04
		72,33	1,00	0,38	4,22	1,96
		8,42	1,00	0,04	0,49	0,23
		117,33	1,00	0,62	6,84	3,17
J1P3481	2	63,92	1,00	0,34	3,73	1,73
		200,83	1,00	1,05	11,72	5,43
J1P3223	36	29,00	1,00	0,15	1,69	0,78
		8,25	1,00	0,04	0,48	0,22
		100,17	1,00	0,53	5,84	2,71
		363,50	1,00	1,91	21,20	9,84
		42,50	1,00	0,22	2,48	1,15
		355,17	1,00	1,86	20,72	9,61
		70,08	1,00	0,37	4,09	1,90
		99,83	1,00	0,52	5,82	2,70
		229,08	1,00	1,20	13,36	6,20
		387,58	1,00	2,03	22,61	10,49
		3,17	1,00	0,02	0,18	0,09
		233,42	1,00	1,22	13,62	6,32
		70,83	1,00	0,37	4,13	1,92
		145,50	1,00	0,76	8,49	3,94
		208,33	1,00	1,09	12,15	5,64
		619,33	1,00	3,25	36,13	16,76

		58,25	1,00	0,31	3,40	1,58
		40,75	1,00	0,21	2,38	1,10
		44,83	1,00	0,24	2,62	1,21
		49,50	1,00	0,26	2,89	1,34
		59,42	1,00	0,31	3,47	1,61
		157,42	1,00	0,83	9,18	4,26
		72,75	1,00	0,38	4,24	1,97
		159,83	1,00	0,84	9,32	4,32
		487,42	1,00	2,56	28,43	13,19
		56,33	1,00	0,30	3,29	1,52
		24,00	1,00	0,13	1,40	0,65
		5,58	1,00	0,03	0,33	0,15
		53,67	1,00	0,28	3,13	1,45
		235,83	1,00	1,24	13,76	6,38
		87,67	1,00	0,46	5,11	2,37
		7,92	1,00	0,04	0,46	0,21
		45,75	1,00	0,24	2,67	1,24
		25,42	1,00	0,13	1,48	0,69
		68,00	1,00	0,36	3,97	1,84
		1008,92	1,00	5,29	58,85	27,30

Anexo 14. Cálculos para la Proyección de la demanda de la Microárea 14.

Factor A	11,1245					
fc (5 usuarios)	0,431151					
Usuarios	63					
fc	0,321660894					
SumaDind	351,8670111					
DMCtotal	113,1818573					
Luminarias	3					
Luminarias KW/h	194,4					
Luminarias KW	0,54					
Sumatoria	113,7218573					
Simulación de Distribución de carga (kW)	11,41					
F. Ajuste	0,100332515					
Postes	usuarios	Promedio Usuarios		FACTOR B	DM coin	D ind
J1P3228	3	2130,25	1,00	11,17	124,26	57,64
		0,00		0,00	0,00	0,00
		681,08	1,00	3,57	39,73	18,43
J1P3226	28	187,25	1,00	0,98	10,92	5,07
		24,75	1,00	0,13	1,44	0,67
		106,08	1,00	0,56	6,19	2,87
		634,50	1,00	3,33	37,01	17,17
		144,33	1,00	0,76	8,42	3,91
		146,50	1,00	0,77	8,55	3,96
		234,08	1,00	1,23	13,65	6,33
		19,58	1,00	0,10	1,14	0,53
		202,92	1,00	1,06	11,84	5,49
		125,50	1,00	0,66	7,32	3,40
		124,75	1,00	0,65	7,28	3,38
		45,08	1,00	0,24	2,63	1,22
		74,42	1,00	0,39	4,34	2,01
		159,58	1,00	0,84	9,31	4,32
		232,50	1,00	1,22	13,56	6,29
		14,17	1,00	0,07	0,83	0,38
		111,67	1,00	0,59	6,51	3,02
		103,67	1,00	0,54	6,05	2,81
		232,33	1,00	1,22	13,55	6,29
		0,00		0,00	0,00	0,00
234,83	1,00	1,23	13,70	6,35		
112,67	1,00	0,59	6,57	3,05		
16,17	1,00	0,08	0,94	0,44		
53,00	1,00	0,28	3,09	1,43		
498,67	1,00	2,61	29,09	13,49		
222,25	1,00	1,17	12,96	6,01		

		51,33	1,00	0,27	2,99	1,39
		55,08	1,00	0,29	3,21	1,49
J1P3225	11	186,25	1,00	0,98	10,86	5,04
		207,67	1,00	1,09	12,11	5,62
		168,83	1,00	0,89	9,85	4,57
		220,42	1,00	1,16	12,86	5,96
		77,08	1,00	0,40	4,50	2,09
		59,58	1,00	0,31	3,48	1,61
		163,67	1,00	0,86	9,55	4,43
		43,83	1,00	0,23	2,56	1,19
		152,17	1,00	0,80	8,88	4,12
		48,42	1,00	0,25	2,82	1,31
		113,50	1,00	0,60	6,62	3,07
J1P3224	23	2243,58	1,00	11,76	130,87	60,71
		27,08	1,00	0,14	1,58	0,73
		107,33	1,00	0,56	6,26	2,90
		101,75	1,00	0,53	5,94	2,75
		76,08	1,00	0,40	4,44	2,06
		261,33	1,00	1,37	15,24	7,07
		128,75	1,00	0,68	7,51	3,48
		27,67	1,00	0,15	1,61	0,75
		53,58	1,00	0,28	3,13	1,45
		188,92	1,00	0,99	11,02	5,11
		343,17	1,00	1,80	20,02	9,29
		188,00	1,00	0,99	10,97	5,09
		61,00	1,00	0,32	3,56	1,65
		43,92	1,00	0,23	2,56	1,19
		108,25	1,00	0,57	6,31	2,93
		16,83	1,00	0,09	0,98	0,46
		26,00	1,00	0,14	1,52	0,70
		20,00	1,00	0,10	1,17	0,54
		1,42	1,00	0,01	0,08	0,04
		131,25	1,00	0,69	7,66	3,55
		216,92	1,00	1,14	12,65	5,87
		49,92	1,00	0,26	2,91	1,35
		160,50	1,00	0,84	9,36	4,34

Ingresar tipo de Red "M" para Monofásico y "T" para Trifásica		
	T	
	Ingresar # luminarias	
	14	
	Ingresar Potencia Luminarias (W)	
	200	
	Ingresar Factor de potencia residencial	
	0,95	
	Sumatoria Demanda Máxima individual (kW)	
	582,83	
	Número total de abonados	
	135	
	Factor de coincidencia	
	0,30	
	Demanda Máxima coincidente total (kW)	
	172,00	
	Demanda de diseño (kVA)	
	190,52	
Potencia de transformador normalizada		
*****	225 kVA	*****

**DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN
INGENIERÍA EN ESTUDIOS ELÉCTRICOS**

Ingresar tipo de Red "M" para Monofásico y "T" para Trifásica	
T	
Ingresar # luminarias	
12	
Ingresar Potencia Luminarias (W)	
200	
Ingresar Factor de potencia residencial	
0,95	
Sumatoria Demanda Máxima individual (kW)	
839,62	
Número total de abonados	
168	
Factor de coincidencia	
0,29	
Demanda Máxima coincidente total (kW)	
241,78	
Demanda de diseño (kVA)	
266,20	
Potencia de transformador normalizada	
*****	225 kVA

DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN INGENIERÍA EN ESTUDIOS ELÉCTRICOS	

Ingresar tipo de Red "M" para Monofásico y "T" para Trifásica	
T	
Ingresar # luminarias	9
Ingresar Potencia Luminarias (W)	200
Ingresar Factor de potencia residencial	0,95
Sumatoria Demanda Máxima individual (kW)	878,70
Número total de abonados	150
Factor de coincidencia	0,29
Demanda Máxima coincidente total (kW)	256,27
Demanda de diseño (kVA)	281,36
Potencia de transformador normalizada	
***** 300 kVA *****	

**DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN
INGENIERÍA EN ESTUDIOS ELÉCTRICOS**

Ingresar tipo de Red "M" para Monofásico y "T" para Trifásica		
T		
Ingresar # luminarias	9	
Ingresar Potencia Luminarias (W)	200	
Ingresar Factor de potencia residencial	0,95	
Sumatoria Demanda Máxima individual (kW)	724,44	
Número total de abonados	191	
Factor de coincidencia	0,28	
Demanda Máxima coincidente total (kW)	205,64	
Demanda de diseño (kVA)		
226,15		
Potencia de transformador normalizada		
*****	225 kVA	*****

**DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN
INGENIERÍA EN ESTUDIOS ELÉCTRICOS**

Ingresar tipo de Red "M" para Monofásico y "T" para Trifásica	
	T
Ingresar # luminarias	
	9
Ingresar Potencia Luminarias (W)	
	200
Ingresar Factor de potencia residencial	
	0,95
Sumatoria Demanda Máxima individual (kW)	
	512,58
Número total de abonados	
	112
Factor de coincidencia	
	0,30
Demanda Máxima coincidente total (kW)	
	154,48
Demanda de diseño (kVA)	
	170,36
Potencia de transformador normalizada	
.....	150 kVA
.....	

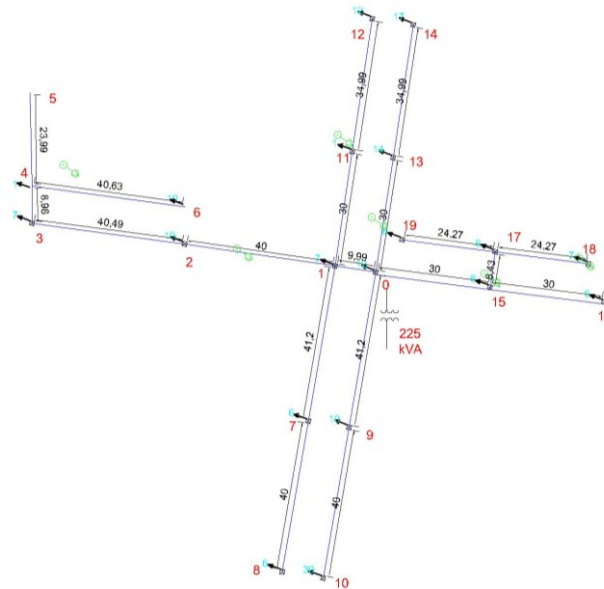
**DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN
INGENIERÍA EN ESTUDIOS ELÉCTRICOS**

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	27	37	51,41	0,568	Trifásico	# 3/0	1730	1403,369263	0,77	0,77
1-2	40	25	34,74	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	1404,569201	0,77	1,55
2-3	40	3	4,17	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	174,3083041	0,10	1,64
1-6	20	8	11,12	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	222,305809	0,12	0,90
2-4	7	15	20,84	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	147,2145029	0,08	1,63
4-5	40	4	5,56	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	222,305809	0,12	1,75
0-7	7	79	109,76	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	770,9970838	0,42	0,42
7-8	35	43	59,74	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	2097,695595	1,16	1,58
8-9	36	38	52,80	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	1907,535719	1,05	2,63
9-10	35	28	38,90	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	1368,254659	0,75	3,39
0-11	35	10	13,89	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	499,557115	0,28	0,28
11-12	36	7	9,73	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	356,9527018	0,20	0,47
12-13-	42	5	6,95	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	299,734269	0,17	0,64



**COMPUTO DE CAIDAS DE VOLTAJE CIRCUITOS SECUNDARIOS
REDES CONVENCIONALES**

NOMBRE DEL PROYECTO:	PROPUESTA TÉCNICA PARA EL SOTERRAMIENTO DE LA RED DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE SECTOR COMERCIAL DE LA CIUDAD DE IBARRA.			Fecha	05-oct.-21	HOJA:	
				Tipo de Usuario	C	CENTRO DE TRANSFORMACION No.	
TIPO DE INSTALACIÓN:	SUBTERRANEA	VOLTAJE:	127/220	LIMITE DE CAIDA DE VOLTAJE:		3%	
CONDUCTOR: Prens. "P"; Desn. "D":	TTU	No. FASES:	3	Elegir tipo de Red		Trifásico	



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	10	60	94,17	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	945,4589474	0,52	0,52
1-2	40	28	43,94	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	1765,361965	0,97	1,49
2-3	40	18	28,25	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	1137,582316	0,63	2,12
3-4	9	11	17,26	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	155,3754632	0,09	2,21
4-6	40	10	15,69	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	635,3585965	0,35	2,56
4-5	24	0	0,00	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	0	0,00	2,21
1-7	41	12	18,83	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	779,9373895	0,43	0,95
7-8	40	6	9,42	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	376,6677895	0,21	1,16
0-9	41	40	62,78	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	2581,664982	1,42	1,42
9-10	40	30	47,08	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	1883,338947	1,04	2,46

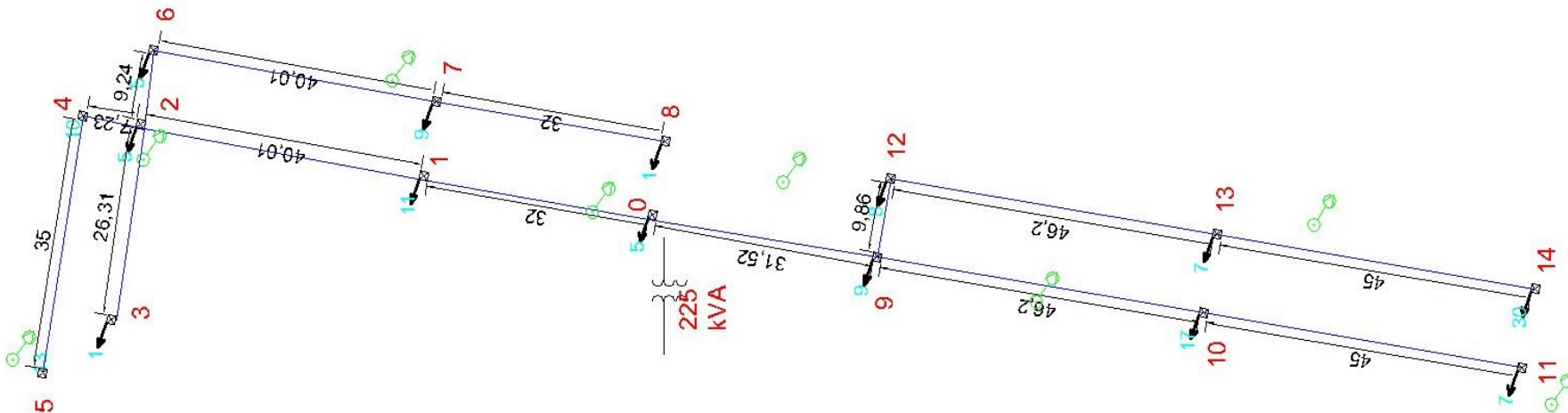
0-15	30	33	51,79	0,568	Trifásico	# 3/0	1730	1570,807263	0,87	0,87
15-16	30	6	9,42	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	282,5008421	0,16	1,02
15-17	8	19	29,82	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	241,5878456	0,13	1,00
17-18	24	6	9,42	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	230,5480421	0,13	1,13
17-19	24	7	10,99	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	268,2148211	0,15	1,15
1-11+	30	13	20,40	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	617,7693684	0,34	0,86
11-12+	35	12	18,83	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	659,1686316	0,36	1,22
0-13	30	31	48,65	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	1465,271895	0,81	0,81
13-14	35	17	26,68	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	933,8222281	0,52	1,32

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	7	37	61,55	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	433,5009491	0,24	0,24
1-2	30	26	43,25	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	1303,219684	0,72	0,96
2-3	30	23	38,26	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	1153,504053	0,64	1,59
3-4	30	15	24,95	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	748,5781579	0,41	2,01
0-5	30	14	23,29	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	704,3571579	0,39	0,39
5-6	40	6	9,98	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	399,2416842	0,22	0,61
0-7	30	14	23,29	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	704,3571579	0,39	0,39
7-8	32	7	11,64	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	378,6887298	0,21	0,60
0-9	8	84	139,73	0,568	Trifásico	# 3/0	1730	1122,424084	0,62	0,62
9-10	30	25	41,59	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	1253,314474	0,69	1,31
10-11	32	16	26,62	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	851,715593	0,47	0,47
9-12+	7	11	18,30	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	129,4163561	0,07	1,38
12-13+	26	6	9,98	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	259,5070947	0,14	1,52
12-14	35	9	14,97	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	530,6362895	0,29	1,67
14-15	35	4	6,65	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	239,5225614	0,13	1,81
9-16+	30	34	56,56	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	1702,461368	0,94	1,56
16-17	30	15	24,95	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	748,5781579	0,41	1,97



**COMPUTO DE CAIDAS DE VOLTAJE CIRCUITOS SECUNDARIOS
REDES CONVENCIONALES**

NOMBRE DEL PROYECTO:	PROPUESTA TÉCNICA PARA EL SOTERRAMIENTO DE LA RED DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE SECTOR COMERCIAL DE LA CIUDAD DE IBARRA.			Fecha	05-oct.-21	HOJA:	
				Tipo de Usuario	C	CENTRO DE TRANSFORMACION No.	CT4-225kVA
TIPO DE INSTALACIÓN:	SUBTERRANEA	VOLTAJE:	127/220	LIMITE DE CAIDA DE VOLTAJE:		3%	
CONDUCTOR: Preens. "P"; Desn. "D":	TTU	No. FASES:	3	Elegir tipo de Red		Trifásico	

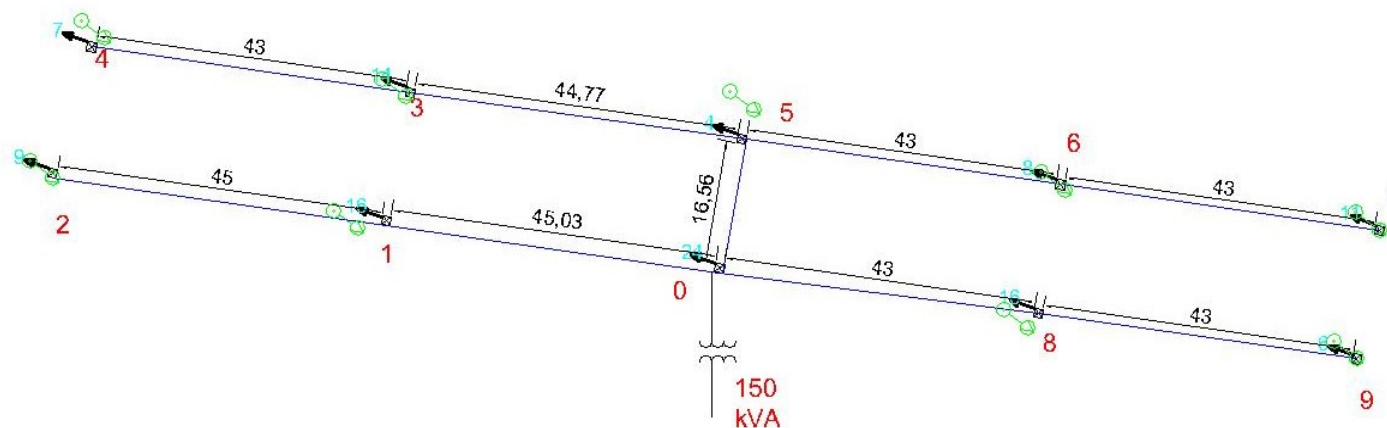


DATOS			Carga/usuario	Luminarias	CIRCUITO	CONDUCTOR		COMPUTO		
TRAMO		Nro.			FASE	CALIBRE	FDV	CAIDA VOLTAJE (%)		
DESIG.	L(m)	CONSUM.	kVA/tramo	kVA/tramo	Conf. de red	AWG	kVA-m	kVA-m	PARCIAL	ACUMULADO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0-1	32	55	64,38	0,568	Trifásico	# 3/0	1730	2078,199394	1,15	1,15
1-2	40	44	51,50	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	2075,167815	1,14	2,29
2-3	26	1	1,17	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	30,43196473	0,02	2,31
2-4	7	23	26,92	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	189,7704051	0,10	2,40
4-5	35	13	15,22	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	539,1909617	0,30	2,69
2-6	9	15	17,56	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	161,4226509	0,09	2,38
6-7	40	10	11,70	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	483,3419675	0,27	2,65
7-8	32	1	1,17	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	43,51788371	0,02	2,67
0-9	32	78	91,30	0,568	Trifásico	# 3/0	1730	2939,658088	1,62	1,62
9-10	46	24	28,09	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	1300,90383	0,72	2,34
10-11	45	7	8,19	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	377,2212731	0,21	2,55
9-12+	10	45	52,67	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	528,6018187	0,29	1,91
12-13+	46	37	43,31	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	2000,839019	1,10	3,02
13-14	45	30	35,11	0,000	Trifásico	# 3/0	1730	1580,121246	0,87	3,29



**COMPUTO DE CAIDAS DE VOLTAJE CIRCUITOS SECUNDARIOS
REDES CONVENCIONALES**

NOMBRE DEL PROYECTO:	PROPUESTA TÉCNICA PARA EL SOTERRAMIENTO DE LA RED DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE SECTOR COMERCIAL DE LA CIUDAD DE IBARRA.			Fecha	05-oct.-21	HOJA:	
				Tipo de Usuario	C	CENTRO DE TRANSFORMACION No.	CT5-150KVA
TIPO DE INSTALACIÓN:	SUBTERRANEA	VOLTAJE:	127/220	LIMITE DE CAIDA DE VOLTAJE:	3%		
CONDUCTOR: Prens. "P"; Desn. "D":	TTU	No. FASES:	3	Elegir tipo de Red	Trifásico		



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	25	22,05	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	1009,317388	0,56	0,56
1-2	45	9	7,94	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	365,741628	0,20	0,76
0-5	17	44	38,81	0,947	Trifásico	# 3/0	1730	675,8510743	0,37	0,37
5-3	45	21	18,52	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	850,5550267	0,47	0,84
3-4	43	7	6,17	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	273,6333165	0,15	0,99
5-6	43	19	16,76	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	736,8994531	0,41	0,78
6-7	43	11	9,70	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	425,3395726	0,23	1,01
0-8	43	22	19,40	0,379	Trifásico	# 3/0	1730	850,6791451	0,47	0,47
8-9	43	6	5,29	0,189	Trifásico	# 3/0	1730	235,7067525	0,13	0,60