



Diseño de redes eléctricas en medio voltaje, bajo voltaje y alumbrado público para urbanizaciones

Design of electrical networks in medium voltage, low voltage and public lighting for urbanizations

Projeto de redes elétricas em média tensão, baixa tensão e iluminação pública para urbanizações

Jesús Alberto Bravo-Contreras ^I
jesusalberto2290@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5200-3719>

Ervin Geovanny Solano-Villegas ^{II}
esolano@ups.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5795-8656>

Correspondencia: jesusalberto2290@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de junio de 2022 * **Aceptado:** 12 de julio de 2022 * **Publicado:** 12 de agosto de 2022

- I. Residente de Proyectos en Instalaciones electromecánicas s.a. Ingeniero Eléctrico Universidad Politécnica Salesiana Investigador Independiente, Ecuador.
- II. Universidad Politécnica Salesiana, Docente de Facultad Ingeniería Eléctrica, Maestro en Administración de la Energía y sus Fuentes Renovables, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey,, Ingeniero en Electricidad Especialización Potencia, MSc. En Electricidad, mención en Sistemas, Eléctricos de Potencia, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

Resumen

El acceso a la electricidad se considera de vital importancia para potenciar el pleno desarrollo humano y económico de la sociedad, pero el desequilibrio del voltaje merma su uso eficiente; por tal razón, se plantea como objetivo del artículo: Proponer el diseño de redes eléctricas en medio voltaje, bajo voltaje y alumbrado público para la Urbanización Boschetto, ubicada en Guayaquil. Los materiales y métodos utilizados fueron enfocados hacia la investigación cuantitativa y descriptiva, en su modalidad de proyecto factible, donde se aplicó la técnica de la encuesta mediante un cuestionario a una muestra intencional de 221 habitantes de la mencionada zona. Los resultados obtenidos demuestran que la propuesta es necesaria, en virtud de la necesidad de mejorar las fallas, por cuanto los habitantes de la comunidad objeto de estudio, esperan que la misma sea tomada en cuenta por las autoridades competentes en materia de prestación de servicios eléctricos, en aras de que la calidad de vida sea mejorada y se minimicen o eliminen las fallas de voltaje que dañan los equipos en los hogares y en ese sentido la propuesta está plenamente justificada. Se concluyó que el diseño de redes eléctricas de topología subterráneas representa un cambio innovador, estético y moderno para las urbanizaciones, siempre que en el diseño sean consideradas las adecuadas normas, regulaciones y criterios profesionales, así como las diversas y correctas ubicaciones de los equipos que no afecten la tranquilidad y vida de los habitantes.

Palabras Claves: Redes eléctricas en medio voltaje; bajo voltaje; alumbrado público.

Abstract

Access to electricity is considered of vital importance to promote the full human and economic development of society, but the imbalance of voltage reduces its efficient use; For this reason, the objective of the article is proposed: Propose the design of electrical networks in medium voltage, low voltage and public lighting for Boschetto Urbanization, located in Guayaquil. The materials and methods used were focused on quantitative and descriptive research, in its feasible project modality, where the survey technique was applied through a questionnaire to an intentional sample of 221 inhabitants of the aforementioned area. The results obtained show that the proposal is necessary, by virtue of the need to improve the faults, since the inhabitants of the community

under study expect that it will be taken into account by the competent authorities in the provision of electrical services. , for the sake of improving the quality of life and minimizing or eliminating voltage failures that damage equipment in homes, and in this sense the proposal is fully justified. It was concluded that the design of underground topology electrical networks represents an innovative, aesthetic and modern change for urbanizations, provided that the appropriate standards, regulations and professional criteria are considered in the design, as well as the diverse and correct locations of the equipment that do not affect the tranquility and life of the inhabitants.

Keywords: Medium voltage electrical networks; low voltage; public lighting.

Resumo

O acesso à energia elétrica é considerado de vital importância para promover o pleno desenvolvimento humano e econômico da sociedade, mas o desequilíbrio de tensão reduz seu uso eficiente; Por esta razão, o objetivo do artigo é: Propor o projeto de redes elétricas em média tensão, baixa tensão e iluminação pública para a Urbanização Boschetto, localizada em Guayaquil. Os materiais e métodos utilizados centraram-se na pesquisa quantitativa e descritiva, em sua modalidade de projeto viável, onde a técnica de levantamento foi aplicada por meio de questionário a uma amostra intencional de 221 habitantes da referida área. Os resultados obtidos mostram que a proposta é necessária, em virtude da necessidade de melhorar as falhas, uma vez que os moradores da comunidade em estudo esperam que ela seja levada em consideração pelas autoridades competentes na prestação de serviços elétricos. visando melhorar a qualidade de vida e minimizar ou eliminar as falhas de tensão que danificam os equipamentos nas residências, e neste sentido a proposta se justifica plenamente. Concluiu-se que o projeto de redes elétricas de topologia subterrânea representa uma mudança inovadora, estética e moderna para as urbanizações, desde que sejam consideradas no projeto as normas, regulamentos e critérios profissionais adequados, bem como as diversas e corretas localizações dos equipamentos que não afetem a tranquilidade e a vida dos habitantes.

Palavras-chave: Redes elétricas de média tensão; baixa voltagem; iluminação pública.

Introducción

El acceso a la electricidad se considera de vital importancia para potenciar el pleno desarrollo humano y económico de la sociedad. Por tal razón, la disponibilidad de la energía eléctrica debe

ser indispensable en todos los espacios geográficos, empresas y hogares del mundo, dado que con ella se puede lograr la activación de muchas máquinas, equipos, y artefactos que optimizan el desempeño, rendimiento y productividad de las industrias, así como la mejora de la calidad de vida de las personas.

Sin embargo, según el Informe para reportar el progreso global de la energía, de acuerdo al monitoreo realizado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), denominado Tracking SDG7 (2018), por sus siglas en inglés, afirma que el 13% de la población mundial aún carece de acceso a servicios modernos de electricidad; lo que se contradice con el Objetivo 7 que las Naciones Unidas se han trazado alcanzar para el 2030.

En América Latina, se espera que para 2030 se logre en la región la posibilidad de alcanzar el acceso total a la electricidad según lo señala el Banco Mundial (2018). Por su parte, en Ecuador, a pesar de que el índice de cobertura eléctrica alcanza el 97,04% las estrategias de electrificación que se han realizado son a nivel macro, pero aún falta dedicación al Amazonas, así como el mantenimiento programada, progresivo y constante en las urbanizaciones pobladas de las ciudades céntricas, y de igual forma la elaboración de redes que permitan el correcto funcionamiento, su encendido y apagado. (Palomares y Boni, 2016).

En el caso de la Urbanización Boschetto, las redes eléctricas son de muy vieja data y las mismas se han deteriorado. Dicha urbanización está planificada para una clase media de la población guayaquileña, cuyas condiciones climáticas por ser una ciudad costeña, se caracterizan por tener temperaturas entre 21° y 31° c y sensación térmica por efecto de la humedad de 80%, lo que merma la calidad de los equipos y el servicio, haciendo desestabilizar el voltaje.

En ese sentido, surge la necesidad de suministrar energía eléctrica de bajo voltaje a las viviendas de los habitantes de la urbanización mencionada, por lo que se plantea como objetivo del presente artículo de investigación: Proponer e diseño de redes eléctricas en medio voltaje, bajo voltaje y alumbrado público, con la finalidad de proporcionar una alternativa de solución para la situación descrita, cuya propuesta se desarrolló para que la misma se construyera en forma subterránea, establecido de forma fácil, eficiente y confiable cumpliendo con los estándares de calidad exigidos en la norma de la empresa eléctrica.

Materiales y Métodos

Las redes eléctricas

Un sistema eléctrico está formado principalmente por las centrales generadoras de energía eléctrica, las líneas de transporte de la electricidad que las mismas producen, las subestaciones de interconexión o reductoras para disminuir tensión de los centros de transformación y las instalaciones interiores o receptoras de esa energía eléctrica, de manera que la producción de energía eléctrica se realiza en media tensión por limitaciones en el aislamiento de los alternadores. Luego, se transporta en alta tensión para minimizar las pérdidas en el transporte, se distribuye en media tensión por razones económicas y de minimización de pérdidas, y en núcleos urbanos se suministra generalmente en baja tensión por razones fundamentalmente de seguridad para los usuarios. (Conejo, et al., 2007).

En otras palabras, las redes eléctricas, son aquellas que permiten acercar la energía eléctrica a los últimos consumidores, ésta obtiene energía eléctrica a través de su conexión o conexiones con la red de transporte mediante subestaciones de alta tensión a media tensión. Asimismo, suministra la energía a los consumidores finales a través de centros de transformación de media tensión a baja tensión, donde los centros de consumo presentan diversas características en cuanto a densidad de carga y fiabilidad, lo que determina su configuración.

Con relación a las redes eléctricas de media tensión, la distribución de energía eléctrica se configura como la parte de la infraestructura de suministro de energía que toma la electricidad de la transmisión de alto voltaje de alta malla y lo entrega a los clientes. De allí que las líneas de distribución primarias trabajen como circuitos de “voltaje medio”, que normalmente se consideran de 600 V a 40 kV. Por lo que, en una subestación de distribución, un transformador de subestación toma la transmisión entrante nivel de voltaje (35 a 230 kV) y lo reduce a varias distribuciones en los circuitos primarios, que se abren en abanico desde la subestación. (Conejo, et al., 2007).

Por eso es importante que cerca de cada usuario final, se encuentre un transformador de distribución para que éste tome la tensión de distribución primaria y pase hasta un circuito secundario de bajo voltaje (comúnmente 120/240 V; otros también utilizan voltajes de utilización). Desde el transformador de distribución, los circuitos de distribución secundarios se conectan al usuario final donde la conexión se realiza en la entrada de servicio.

Con respecto a las redes eléctricas en media y baja tensión de configuración subterráneas, se encargan del transporte de la energía eléctrica ya sea en media y baja tensión por debajo de la tierra. Las líneas en distribución eléctrica de media tensión y baja tensión subterránea están constituidas por cable con un aislamiento especial, además posee ciertas ventajas en comparación con la común distribución eléctrica aérea. (Conejo, et al., 2007).

Según el Consejo Nacional de Electricidad en Ecuador (CONELEC), en su resolución Nro. 005/14 el alumbrado público consiste en la iluminación de vialidades, así como de espacios públicos asignado a la movilidad y ornamentación de la zona. Por consiguiente, el alumbrado público hace referencia a la conexión desde la red en baja tensión con accesorio y elementos de foto control o controles automáticos para lograr el encendido y apagado de luminarias instaladas en postes bien sea metálicos o de hormigón, a una longitud de altura superior a 8 metros, con el fin de que el rendimiento lumínico pueda abastecer las vías peatonales y vehiculares.

El artículo se desarrolló con un enfoque cuantitativo, el cual tiene como propósito analizar una realidad en forma objetiva haciendo mediciones numéricas que buscan la comprobación o refutación de los resultados a través de los datos obtenidos, mismos que una vez analizados permiten conocer el comportamiento del fenómeno que se estudia. (Sampieri, 2006).

El tipo de estudio es descriptivo. Según Vásquez (2005), éste permite medir los atributos que posee un fenómeno, asociados a las variables de la investigación con lo que se identifican las características y elementos que lo componen a fin de describir las conductas y actitudes sociales, mediante los datos obtenidos al aplicar las técnicas e instrumentos que los recaba.

La modalidad es proyecto factible, conceptualizada por Hernández (2003), como una investigación que posee un conjunto de acciones que se constituyen en un modelo operativo viable que busca solucionar un problema o prestar servicios específicos en aras de satisfacer necesidades, donde se hacen propuestas innovadoras con objetivos específicos.

Las técnicas e instrumentos utilizados fueron la encuesta mediante un cuestionario tipo Likert con tres alternativas de respuesta a la muestra intencional seleccionada de 221 habitantes de la urbanización Boschetto de la ciudad de Guayaquil. Las técnicas de análisis fueron la estadística inferencial y de tendencia central.

De la Factibilidad

Dentro de los beneficiarios del trabajo investigativo planteado se encuentran las 221 familias de la urbanización Boschetto, quienes tendrán la oportunidad de abastecerse con un sistema de energía eléctrica confiable, moderna y de alta calidad. También, el Estado y la compañía que brinda el servicio eléctrico del país, al poder contar con el estudio realizado, en virtud de que los autores del mismo esperan poder presentarles la propuesta próximamente.

Desde el punto de vista económico, se ha calculado el uso de una computadora, hacer salidas de campo, adquirir materiales y suministros, realizar trámites varios que generan costos indirectos de administración y gestión técnica, por tal razón, se estima un costo presupuestario aproximado de USD\$ 4,723.81.

Con respecto a la factibilidad técnica, sí la demanda declarada de un usuario es mayor a 12 kW, el ente distribuidor de electricidad deberá realizar un estudio que evalúe la conexión del nuevo consumo al sistema de distribución, que sirva de referencia para definir el punto de entrega. La profundidad de este análisis dependerá del consumo a conectarse, del nivel de voltaje requerido y de las condiciones de la red de distribución; y, estará a criterio el ente distribuidor de electricidad. Para el efecto, el aspirante o solicitante deberá proveer la información de sus instalaciones eléctricas y de las características de la carga que requiera la Distribuidora para la realización de dichos estudios.

El ente distribuidor de electricidad será responsable de establecer y aprobar el esquema de conexión y protección que garantice el cumplimiento de los criterios técnicos de calidad y seguridad, al mínimo costo. Para todos los diversos valores de voltaje, este esquema de conexión deberá obligatoriamente contar con un sistema de corte, protección y maniobra que asegure que las fallas y maniobras en las instalaciones del consumidor no interfieran con las condiciones normales de operación y de continuidad del servicio del resto del sistema de distribución.

Para el efecto, los estudios de factibilidad de conexión realizados por la Distribuidora deberán demostrar el cumplimiento de estas condiciones, como un paso previo a la prestación del suministro. Cabe destacar, que las consecuencias de las fallas que se trasladen de las instalaciones del consumidor a la red de distribución, por ausencia de un sistema de corte, protección y maniobra, serán de responsabilidad del ente distribuidor de electricidad. Por consiguiente, la operación inadecuada del esquema de conexión, debida a información inexacta proporcionada por el solicitante, será de responsabilidad del mismo. También, es importante señalar, que los

informes de los estudios de conexión podrán ser solicitados por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL, 2018), en ejercicio de sus atribuciones de control.

Discusión y análisis de los resultados de la encuesta aplicada

Figura 1: Respuesta de cuestionario aplicado a los habitantes de la comunidad Bosquette

Nro.	Ítems	Alternativa					
		Sí		No		No se	
		F	%	F	%	F	%
1	¿Existe voltaje inadecuado en la urbanización?	189	85,5%	5	2,3%	27	12,2%
2	¿Los movimientos sísmicos han afectado el terreno y en consecuencia, las fallas se acentúan?	153	69,2%	42	19%	26	11,7%
3	¿Se ha realizado revisiones o mantenimiento a los transformadores, postes y tuberías de la urbanización?	11	4,97%	180	81,4%	30	13,5%
4	¿Cree usted necesario implementar mecanismos que garanticen la continuidad y confiabilidad del ser servicio eléctrico?	198	89,59%	3	1,35%	20	9,04%
5	¿Está de acuerdo con el diseño de una red de distribución subterránea?	174	78,73%	10	4,5%	37	16,7%

Fuente: Autor (año). Cálculos basados en las respuestas del cuestionario aplicado a los habitantes de la urbanización Bosquette

Los resultados demuestran que el voltaje en la urbanización Boschetto es inadecuado ya que el 85,5% de los habitantes respondieron de manera asertiva a la pregunta, por otra parte, el 12,2% de la población destacó que no tiene conocimiento al respecto, mientras que el 2,3% opina que el voltaje si es adecuado.

Así mismo, se puede notar la influencia que tienen los movimientos sísmicos en las fallas eléctricas, pues la mayoría de los habitantes que representan el 69,2% de la población encuestada opinan que los movimientos sísmicos han afectado el terreno acentuando las fallas eléctricas, sin embargo, el 19% de los habitantes manifiesta que los movimientos sísmicos no han afectado el terreno acentuando las fallas eléctricas, por último, el 11,7% no tiene conocimiento al respecto.

En relación a la revisión o mantenimiento a los transformadores, postes y tuberías de la urbanización la mayoría de los habitantes responde que no se les hace revisión o mantenimiento a los mismos, lo que refiere al 81,4% de los encuestados. Por otra parte, el 13,5% no tiene conocimiento al respecto del tema, sin embargo, el 4,97% de la población opina que si se realiza mantenimiento y revisión adecuado.

En cuanto a la necesidad de implementar mecanismos que garanticen la continuidad y confiabilidad del ser servicio eléctrico se determinó que la mayoría de los habitantes está de acuerdo con el mismo representando un 89,59% de la población, mientras que 9,04% no sabe si se necesita implementar mecanismos que garanticen la continuidad y confiabilidad del ser servicio eléctrico: por último, es 1,3% de la población señala que no es necesaria su implementación.

Por último, sobre la pregunta que indaga en torno a la posibilidad de hacer una propuesta del diseño de una red de distribución subterránea, la mayoría de la población está de acuerdo con que se implemente la propuesta representado un 78,7% de los habitantes, por otro lado, el 16,7% de la población no sabe si se deba implementar dicha propuesta, por último, el 4,5% de la población no está de acuerdo.

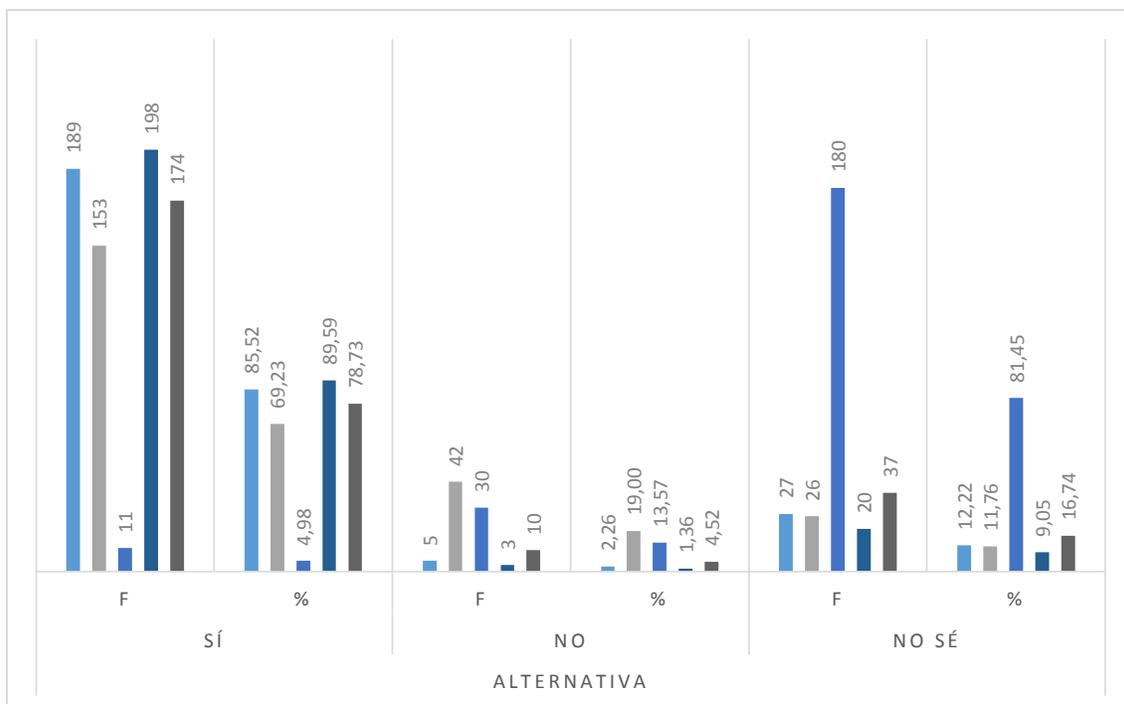


Figura 2: Respuesta de cuestionario aplicado a los habitantes de la comunidad

Se evidencia de los resultados obtenidos que la propuesta es necesaria, en virtud de la necesidad de mejorar las fallas, por cuanto los habitantes de la Urbanización Boschetto esperan que la misma sea tomada en cuenta por las autoridades competentes en materia de prestación de servicios eléctricos, en aras de que la calidad de vida sea mejorada y se minimicen o eliminen las fallas de voltaje que dañan los equipos en los hogares.

Propuesta

Diseño de redes eléctricas en medio voltaje, bajo voltaje y alumbrado público para urbanizaciones.

Presentación

El proyecto de las redes de distribución partirán desde el alimentador Chongón, ubicado en el kilómetro 23.5 de la vía a La Costa, Av. Paquisha de la parroquia Chongón, Cantón Guayaquil, Provincia del Guayas, desde este alimentador se derivará de forma subterránea la acometida trifásica en media tensión para el pad swithch encargado de proteger la urbanización Boschetto.

Al ser una red de distribución de energía eléctrica más propensa a fallas, se hace necesario establecer acciones que garanticen la continuidad y confiabilidad del servicio eléctrico. Es por ello que desde allí se derivará de forma subterránea la acometida trifásica en media tensión para el pad swith encargado de proteger la urbanización Boschetto, Esta red será de topología anillo para brindar confiabilidad en el sistema, ofreciendo alternativas de alimentación al momento de suscitarse ausencia de tensión en un tramo de cable determinado dentro de la urbanización.

La red de media tensión proveniente del alimentador Chongón deberá ser transformada a niveles de baja tensión, estos últimos valores serán los consumibles por los abonados de la urbanización y sus acometidas domiciliarias serán conectadas a esta red de acuerdo a la homologación del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable vigente, adicionalmente a esta red se conectará la red de alumbrado público, diseñado bajo un estudio de luminotecnia, verificando el cumplimiento de los parámetros para el correcto funcionamiento, su encendido y apagado se llevará a cabo por foto control, es decir aprovechando la energía solar para el pagado y la ausencia de este para el encendido.

Objetivos

- Diseñar las redes eléctricas en medio voltaje, bajo voltaje y alumbrado público para urbanizaciones.
- Evitar los altos y bajos voltajes.
- Minimizar el daño de equipos electrónicos.
- Incidir en la mejora de la calidad de vida de los habitantes de la Urbanización Boschetto.

Justificación

La propuesta tiene como función principal transformar, distribuir y suministrar de forma apropiada la energía eléctrica a través de un nivel de voltaje residencial; estos parámetros son de vital importancia para velar por el buen funcionamiento y garantizar la continuidad de servicio a los abonados ya que cuando se descuida algún aspecto puede traer resultados negativos como accidentes laborales, perdidas económicas, falla del suministro, entre otras consecuencias. Otro de los factores a considerar en el proyecto es la calidad de los materiales a instalar y el correcto proceso constructivo de las redes civiles para aplicaciones eléctricas juega un papel fundamental en el éxito de este proyecto.

Es por ello que el proyecto debe cumplir satisfactoriamente las aprobaciones por los departamentos técnicos involucrados por parte de la empresa reguladora de servicios eléctricos CNEL EP unidad de negocios Guayaquil.

Metodología de Trabajo

Para iniciar, se analizarán los elementos que integran el diseño, de esa manera se logrará la comprensión plena de los datos a utilizar. Aunque se encuentre relacionado con otros proyectos por la línea de investigación, este es independiente por los datos de consumo, espacio y tiempo de ejecución. Otro de los procedimientos a implementar será el proceso de inducción y deducción aplicada generalmente en la ingeniería para precisar la información, y razonar de forma cuidadosa, objetiva y con fundamentos los parámetros y necesidades de las familias de la urbanización para cubrirlo en todos sus aspectos.

Se debe considerar, la toma de datos de los abonados para el cálculo y dimensionamiento, se debe aplicar únicamente las redes de media tensión, alumbrado público y baja tensión, esta última solo estará prevista hasta los conectores puerto gel en donde se conectarán las acometidas domiciliarias, las cuales deberá instalar el propietario de cada vivienda.

El paso siguiente es hacer los cálculos. La estimación de carga de cada hogar estará comprendida por las siguientes cargas: 8.66 de demanda para un consumo parcial de 28556. La demanda de usuarios por transformador para 221 abonados en su potencia para 16 transformadores que va desde 37.5Kva a 75, para un total de 800 KVA. También, el cálculo de caída de tensión de conductores monofásicos en baja tensión por transformador, que quedó en: $\%CV = 0.143\%$ y la red subterránea de alumbrado público con base a excavación por poste es de $EP = 0.5m + 1.2m = 1.7m$.

Finalmente se hacen las pruebas con los simuladores, tomando en cuenta el software informático CYMDIST- Esto, para hacer la verificación de la alimentación de red de media tensión, así como medir la acción del interruptor principal, que ocasiona que en el interruptor secundario no exista diferencia de potencial en las líneas. Igualmente, la cargabilidad en los transformadores y los posibles cortocircuitos.

Otro de los software a utilizar es el Dialux, que hace la simulación de malla a tierra, de la caída de tensión, los transformadores y los circuitos red de alumbrado público, incluyendo la

iluminación de carreteras, ancho de la vía, perfiles, carriles, distancia, altura, longitud, el tipo y la vista.

Bases teóricas que sustentan el diseño

Redes eléctricas en media y baja tensión de configuración subterráneas

Son las encargadas del transporte de la energía eléctrica ya sea en media y baja tensión por debajo de la tierra. Las líneas en distribución eléctrica de media tensión y baja tensión subterránea están constituidas por cable con un aislamiento especial, además posee ciertas ventajas en comparación con la común distribución eléctrica aérea. (González, 2021).

Redes eléctricas con topología en anillo

Las redes de topología anillo están formadas por una línea cerrada a lo largo de la cual se reparten los centros de transformación. Estas redes proporcionan dos caminos para alimentar a los centros de transformación, constituyendo una solución intermedia entre las redes radiales y las redes. (Conejo, 2007).

Conexión de acometidas domiciliarias a red secundaria

En intermedio o final de los circuitos de red secundaria se conectarán barrajes de goma, ideales para redes de configuración subterránea, compuestos por un elastómero de silicona combinado químicamente con aceite de silicona, es hidrofóbico y proporciona un excelente sello contra la humedad en un amplio rango de temperaturas de operación (-40°C a 95°C). Es compatible con diferentes tipos de aislamiento y grasas desoxidantes para conectores, y tiene excelentes propiedades aislantes. (Raychem, 2021).

Posterior el proceso es que a la conexión de las acometidas con la red secundaria, se instalará un módulo de medición de tipo clase 200 en este caso por la demanda de los usuarios y a su vez conectado entre sí con el panel de carga. Este módulo registrará el consumo de igual forma de cada usuario. Los conductores de acometidas subterráneas serán cables mono conductores con aislamiento tipo TTU, RHW, THW o equivalentes.

Conectores barraje de goma/gel

El gel encapsulante PowerGel de Raychem es el sistema más moderno y rápido para aislar y sellar conexiones eléctricas de baja tensión en un rango amplio de temperaturas de operación (-40°C a 105°C). El PowerGel fluye visco-elásticamente sometido bajo presión, rellenando cada espacio y desplazando hacia el exterior la humedad. Gracias a la hermeticidad y sellado del PowerGel, el punto de conexión queda libre de humedad y protegida contra la corrosión. Su instalación es totalmente rápida, no se requiere de herramientas especiales y es fácilmente reentrable. El PowerGel también es resistente a la radiación UV y puede ser utilizado en sistemas subterráneos y aéreos en acometidas residenciales, sistemas de iluminación y comercios e industrias. (Raychem, 2021).

Aspectos técnicos del alumbrado público

- Luminancia promedio de la calzada, se define como la media aritmética de las luminancias obtenidas en los puntos de cálculo. Este es el valor mínimo que debe mantenerse a lo largo de la vida útil de la instalación, y depende de la distribución de la luz de la luminaria, el flujo luminoso de las lámparas y de las propiedades de reflexión de la calzada. (Villa, et al., 2019).
- Uniformidad general de luminancia de la calzada, se define como la relación entre la luminancia mínima y la luminancia promedio de la vía, tiene como finalidad mantener un nivel de iluminación uniforme en toda la vía, consiguiendo una mayor adaptación del ojo y un mejor reconocimiento de los objetos. (Villa, et al., 2019).
- Uniformidad longitudinal sobre la calzada, se define como la relación entre la luminancia mínima y la luminancia máxima de la vía, medida o calculada en dirección longitudinal a lo largo del eje central de cada carril de circulación. (Villa, et al., 2019).
- Relación de alrededores, es la relación entre la iluminancia promedio en bandas de 5 m de ancho (o menor si la zona no lo permite) adyacentes a los dos bordes de la calzada, para la iluminancia promedio en bandas de 5 m de ancho (o la mitad del ancho si es inferior) dentro de la calzada. Para calzadas dobles, ambas calzadas se consideran como si fueran una única, a menos que estén separadas por más de 10 m. (Villa, et al., 2019).

Equipos a utilizar

Algunos de los equipos a utilizar son los siguientes: bajantes, fusibles, malla a tierra, pararrayo, bajante de medio voltaje, equipo de interrupción subterráneo: cables alimentadores en media tensión: transformadores pad mounted monofásico con topología anillo en media tensión, cambiador de tap, red de baja tensión y conexión de acometidas domiciliarias a red secundaria, cálculos corriente en el secundario de los transformadores por medio de ley de ohm, así como hacer el cálculo de caída de tensión de conductores monofásicos en baja tensión por transformador y red subterránea de alumbrado público.

En cuanto a los equipos para la simulación mediante programas informáticos para la simulación de red de medio voltaje, se puede utilizar una computadora que tenga el software CYMDIST, que es el conjunto base para el análisis del sistema de distribución del software CYME. Reúne a todas las herramientas de modelado y análisis necesarias para realizar los diversos tipos de simulaciones involucradas en la planificación del sistema de distribución eléctrica. Tomando en cuenta que los motores de cálculo admiten modelos de distribución balanceados o desbalanceados que se construyen con cualquier combinación de fases y funcionan en configuraciones de tipo radial, anillado o mallado. (Eaton, 2018).

Asimismo, con el Software DIALUX Es un programa que permite planificar, calcular y visualizar la iluminación de las zonas tanto interiores como exteriores desde edificios enteros y habitaciones individuales hasta aparcamientos o iluminación de vías. Crea una atmósfera única con productos reales simulando un proyecto de iluminación individual gracias a que DIALux evo se divide en un modo simple y un concepto de herramienta. En cada modo se encontrarán herramientas típicas para trabajar con cada una de ellas. Los proyectos de DIALux evo se pueden cargar muy fácilmente en ambas versiones siempre que la RAM tenga la capacidad requerida disponible. (Dialux, 2016).

Resultados de la aplicación

En primer lugar, se comprobó por medio del software AUTOCAD el manejo y edición del proyecto urbanístico entregado por el promotor, en el cual se pudieron implantar las redes de media tensión, baja tensión y alumbrado público, permitiendo dibujar la trayectoria de los circuitos y ubicación de los equipos, dándole sentido a la estructura de la red tipo anillo

destinando la ubicación y alimentación de los transformadores a los abonados considerando la caída de tensión por distancias según los cálculos realizados.

En cuanto a la red de baja tensión, se dimensionó considerando la demanda y distancia desde la fuente hasta el punto de conexión de los abonados. Estos cálculos pudieron comprobarse mediante la simulación del software CYMDIST, originándose una tabla de resultados, en la cual se pueden apreciar los siguientes valores con rangos aceptables para la aprobación del diseño:

- Nudo origen (Se refiere a la ubicación del tramo de cable en Cymdist)
- Calibre de conductor (Características del cable)
- V (Voltaje de baja tensión)
- Longitud (Distancia de tramo de cable en metros)
- Potencia Activa KW (Real que consume la carga)
- Potencia Reactiva KVAR (Inútil que genera campos electromagnéticos)
- Potencia Aparente KVA (Es igual a la raíz cuadrada de la suma del cuadrado de la potencia activa más el cuadrado de la potencia reactiva)
- Fp promedio (factor de potencia promedio)
- IEquil (Corriente equivalente del circuito)
- Desfase I (ángulo de desfase de la intensidad de corriente)
- Pérdidas KW (perdidas en la potencia activa producidas por el efecto joule)
- Pérdidas KVAR (perdidas en la potencia reactiva producidas por el efecto joule)
- Carga (Porcentaje de cargabilidad)
- Dv V% (Caída de voltaje)

En lo que se refiere a la red de alumbrado público se pudo diseñar la red de acuerdo a la normativa vigente del ente regulador de electricidad considerando la distancia de acuerdo a la curva fotométrica de la luminaria propuesta, la altura del poste, dimensiones de brazo e inclinación de la lámpara. Se pudieron constatar su correcto funcionamiento mediante el programa DialuxEvo.

A continuación se muestran las tablas de resultados de los softwares utilizados (Ver Tabla 2 y 3). Y en el grafico 2, se detalla el Plano arquitectónico de la urbanización Boschetto con implantación red de alumbrado público, contiene postes, luminarias y conexiones a red de baja tensión. (Vera gráfico 2).

Figura 3: Reporte Cymdist de la cargabilidad de los transformadores

Nro. equipo	Cap Nom (kVA)	Tens prim (kVLL)	Fp promedio (%)	IEquil (A)	Pérdidas totales (kW)	Pérdidas totales (kvar)	Carga (%)
T11	37,5	13,8	91,02	3,5	0,3	0,9	71,7
T12	75	13,8	90,82	7,8	0,8	2,2	80,5
T13	37,5	13,8	90,57	4,8	0,6	1,7	84,9
T14	37,5	13,8	90,91	3,8	0,4	1,1	74,2
T15	50	13,8	90,79	5,5	0,6	1,6	84,4
T16	50	13,8	90,62	6,1	0,7	2,1	85,8
T10	50	13,8	90,95	4,8	0,5	1,3	74,6
T5	37,5	13,8	90,91	3,8	0,4	1,1	78,6
T2	50	13,8	90,95	4,8	0,5	1,3	74,4
T3	50	13,8	90,67	5,9	0,6	1,9	85,2
T4	37,5	13,8	90,91	3,8	0,4	1,1	78,6
T6	75	13,8	90,96	7,1	0,7	1,8	73,1
T7	50	13,8	90,9	5	0,5	1,4	78
T1	75	13,8	91,16	5,8	0,5	1,2	59,9
T8	37,5	13,8	90,67	4,5	0,5	1,5	85,9
T9	50	13,8	90,7	5,8	0,6	1,8	89,6

Fuente: Cymdist/ Bravo y Ochoa (2022)

Figura 4: Resultados de alumbrado público.

De	[kWh/m ² año]		5.65
Dp	[Dp (W/(lx*m ²))]		0.050
Recuadro de evaluación (M4)		Calle V7 (M4)	
Lm	[cd/m ²]	✓ ≥ 0.75	1.94 ✓
Uo		✓ ≥ 0.40	0.59 ✓
Ul		✓ ≥ 0.60	0.77 ✓
TI		✓ ≤ 15	11 ✓
EIR		✓ ≥ 0.30	0.62 ✓

Fuente: Software Dialux / Bravo y Ochoa (2022)

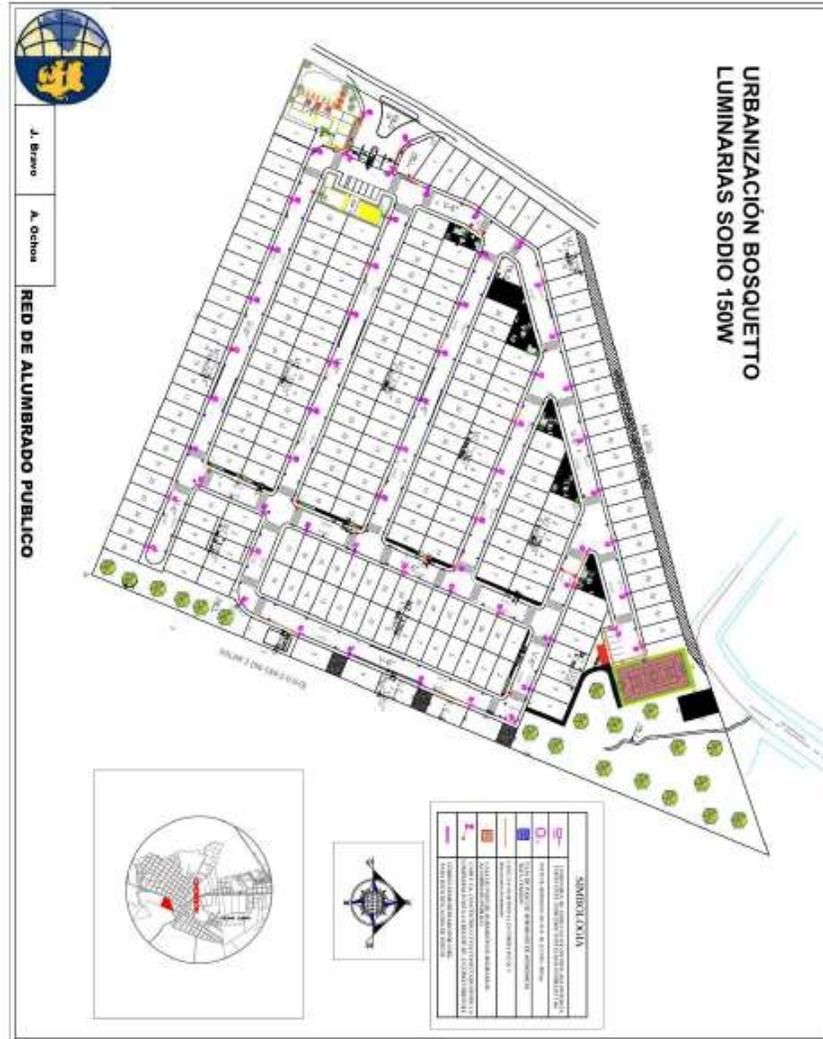


Figura 5: Plano arquitectónico de la urbanización Boschetto con implantación red de alumbrado público, contiene postes, luminarias y conexiones a red de baja tensión. Fuente: Diseño Boschetto / Dibujo de Bravo y Ochoa (2022).

Conclusión

Al concluir el estudio y habiendo aplicado la simulación del diseño propuesto, con los datos suministrados por el Promotor del proyecto (Numero, demanda y ubicación de abonados), se determinó que para una urbanización con viviendas de tipo clase media y consumos de 8.66 KW que un transformador de 37.5 KVA abastecerá 12 viviendas. En segundo lugar, un transformador de 50 KVA abastecerá 16 villas, mientras que, para 23 casas el transformador destinado sería de 75KVA ubicados por manzanas y destinados a abastecer los abonados.

Cabe destacar, que el uso de programas como el CYMDIST permitió comprobar los cálculos de dimensionamiento de transformadores, AUTOCAD facilitó los dibujos de trayectoria de cables, ubicaciones de equipos y punto de conexión para abonados, en ETAP se diseñó el sistema de puesta a tierra del equipo principal de interrupción y DIALUXEvo que se utilizó para el diseño de la red de alumbrado mediante un estudio de luminotecnia.

Se considera que es de vital importancia las protecciones a nivel de media tensión de acuerdo a la simulación de un corto circuito entre las tres fases del circuito y entre las fases y tierra, siendo la corriente de cortocircuito superior a 3500 amperios, con estos valores de corriente el equipo de interrupción subterráneo actuará automáticamente con la apertura de las vías que alimentan los cables involucrados, de manera que estos cables no representen ningún peligro para los habitantes y visitantes de las urbanizaciones.

Finalmente, el diseño de redes eléctricas de topología subterráneas representa un cambio innovador, estético y moderno para las urbanizaciones, siempre que en el diseño sean consideradas las adecuadas normas, regulaciones y criterios profesionales, así como las diversas y correctas ubicaciones de los equipos que no afecten la tranquilidad y vida de los habitantes.

Referencias

1. ARCONEL (2015). Agencia de Regulación y Control de Electricidad. Cobertura Nacional 2014. <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/estadistica-del-sector-electrico/produccion-anual-2/>
2. ARCONEL. (2018). Agencia de Regulación y Control de Electricidad. “Resolución Nro. -043/18, pp. 1–49, <https://es.scribd.com/document/536465029/REGULACION-043-18>
3. Banco Mundial (2018). Acceso universal a la energía: mucho más que electricidad. [https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2018/05/18/sustainable-development-goal-7-energy-access-all#:~:text=Mil%20millones%20de%20personas%20\(un,productividad%20y%20calidad%20de%20vida.](https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2018/05/18/sustainable-development-goal-7-energy-access-all#:~:text=Mil%20millones%20de%20personas%20(un,productividad%20y%20calidad%20de%20vida.)
4. Conejo, A., Sánchez, J. M. A., Milano, F., Sánchez, A. C., Sanz, J. L. P., Bertrand, R. G., & García, L. L. (2007). Instalaciones eléctricas. MacGraw-Hill.
5. CONELEC (2014). Consejo Nacional de Electricidad en Ecuador. Resolución Nro. 005/14. <https://www.gob.ec/regulaciones/regulacion-conelec->

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).