



GUÍA BÁSICA DE DISEÑO ELÉCTRICO PARA IETEK INGENIERÍA
Práctica Empresarial en la Modalidad de Semestre de Industria

Diego Ferney Urrea García

Ingeniero Electricista

Asesor

Diego Adolfo Mejía Giraldo, Master en Ingeniería Eléctrica

Universidad de Antioquia

Pedro Pablo López Rodríguez, Ingeniero Electricista

Ietek Ingeniería S.A.S

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Eléctrica

Medellín

2023

Cita	Urrea García [1]
Referencia	[1] D. Urrea García, “Guía básica de diseño eléctrico para IETEK INGENIERÍA”, Pregrado Presencial, Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, 2023.

Estilo IEEE (2020)



Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Julio Cesar Saldarriaga Molina

Jefe departamento: Noé Mesa Quintero

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
II. OBJETIVOS	13
A. Objetivo general	13
B. Objetivos específicos	13
III. CAPITULO 1: ALUMBRADO PÚBLICO	14
Diseño de Alumbrado Público	15
Documentación	16
Revisión de la ubicación del proyecto	17
Punto de Conexión	19
Simulación.	22
Plano Eléctrico	40
Memorias de Cálculo	46
Recomendaciones	48
IV. CAPÍTULO 2: MALLAS DE PUESTA A TIERRA	49
Diseño de Mallas de Puesta a Tierra	51
Documentación	52
Cálculo del calibre de la malla de puesta a tierra	54
Geometría de la malla de puesta a tierra	56
Simulación en FdcGrdAccess y ATP Draw	57
Graficas de los potenciales.	78
V. CAPITULO 3: REDES INTERNAS DE ENERGÍA	79
Documentación	80
Plano Eléctrico	80

VI. CAPITULO 4: SOFTWARE OBRAS Y CONTROL	91
Obras y Control	91
VII. CONCLUSIONES	102
REFERENCIAS	104

LISTA DE TABLAS

TABLA I: DATOS DEL PUNTO DE CONEXIÓN	22
TABLA II: NIVELES DE CORTO CIRCUITO DEL PUNTO DE CONEXIÓN	53
TABLA III: MEDIDAS DE RESISTIVIDAD	53
TABLA IV: TABLA 250-94 DE LA NTC-2050	55
TABLA V: PARÁMETROS ESTIMADOS DEL TERRENO SEGÚN SOFTWARE	64
TABLA VI: RESISTIVIDAD ESTIMADA SEGÚN SOFTWARE	64
TABLA VII: RESISTENCIA DEL TERRENO SIN CORRIENTE	67

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Plano urbanístico del proyecto Asaí.	17
Fig. 2 Ubicación del proyecto Asaí.	18
Fig. 3 Ubicación del transformador existente.	19
Fig. 4 Ubicación del transformador en el geoportal de EPM.	19
Fig. 5 Plano base del proyecto.	24
Fig. 6 Pantalla de inicio Dialux 4.13.	25
Fig. 7 Importar archivos desde AutoCAD.	25
Fig. 8 Procedimiento de importación de planos desde AutoCAD.	26
Fig. 9 Unidades del plano a importar desde AutoCAD.	26
Fig. 10 Plano importado desde AutoCAD.	27
Fig. 11 Procedimiento para insertar elementos de suelo.	28
Fig. 12 Edición de elemento de suelo.	29
Fig. 13 Opción de dibujar polígono como elemento de suelo.	29
Fig. 14 Superficies de cálculo en 3D.	30
Fig. 15 Insertar calle estándar para perfil de vía.	31
Fig. 16 Configuración de la calzada para el perfil de vía.	32
Fig. 17 Procedimiento para añadir andenes y zonas verdes adyacentes a la vía.	32
Fig. 18 Disposición de la vía y superficie de cálculo.	33
Fig. 19 Configuración de la luminaria.	33
Fig. 20 Configuración de la disposición de calle.	34
Fig. 21 Configuración de la ubicación de las luminarias.	34
Fig. 22 Configuración de mástiles y ejemplo.	35
Fig. 23 Configuración del brazo.	36
Fig. 24 Opción de resultados luminotécnicos.	37
Fig. 25 Observadores o puntos de cálculo.	37
Fig. 26 Resultados luminotécnicos.	38
Fig. 27 Ubicación de las luminarias en las superficies de cálculo.	39
Fig. 28 Resultados de iluminancia en superficie crítica.	40
Fig. 29 Procedimiento para exportar plano a AutoCAD.	43
Fig. 30 Plano exportado a AutoCAD desde Dialux 4.13.	43

Fig. 31 Plano eléctrico finalizado.	44
Fig. 32 Diagrama unifilar del proyecto Asaí.	45
Fig. 33 Subestación tipo poste.	50
Fig. 34 Subestación interior.	50
Fig. 35 Subestación interior elevada.	51
Fig. 36 Vista en planta de una subestación.	54
Fig. 37 Geometría de la malla de puesta a tierra.	57
Fig. 38 Menú de inicio FdcGrdAccess.	58
Fig. 39 Opciones de configuración de la malla.	58
Fig. 40 Configuración de amperaje de la malla.	59
Fig. 41 Configuración de los conductores horizontales de la malla.	59
Fig. 42 Ejemplo de interpretación para el ingreso de datos a FdcGrdAccess.	60
Fig. 43 Configuración de los conductores verticales de la malla.	61
Fig. 44 Menú de análisis de resistividad.	62
Fig. 45 Configuración del nombre para los parámetros.	63
Fig. 46 Ingreso de las medidas de resistividad.	63
Fig. 47 Configuración de los parámetros de resistividad para el análisis de malla.	65
Fig. 48 Configuración de la malla para el análisis de potenciales.	66
Fig. 49 Configuración de los datos del terreno.	66
Fig. 50 Ejecutar análisis de mallas.	67
Fig. 51 Modelo PI en ATP Draw.	68
Fig. 52 Configuración de la longitud de la línea.	69
Fig. 53 Configuración de impedancias de la línea.	69
Fig. 54 Resistencia de puesta a tierra del sistema.	70
Fig. 55 Ejecutar cálculos en ATP Draw.	70
Fig. 56 Selección de variables de interés en ATP Draw.	71
Fig. 57 Corrientes de interés en ATP Draw.	72
Fig. 58 Bloques LCC en ATP Draw.	72
Fig. 59 Configuración del valor de resistencia de puesta a tierra de la malla.	73
Fig. 60 Configuración del factor de sobredimensionamiento.	74
Fig. 61 Corriente de falla a tierra.	74

Fig. 62 Configuración de la corriente de falla en FdcGrdAccess.	75
Fig. 63 GPR de la malla.	75
Fig. 64 Menú de análisis de potenciales.	76
Fig. 65 Configuración de los parámetros del barrido.	76
Fig. 66 Resultados de tensiones de toque y de paso.	77
Fig. 67 Plano de la malla de puesta a tierra.	78
Fig. 68 Apartamento ejemplo.	81
Fig. 69 Ubicación de salidas eléctricas.	82
Fig. 70 Salidas eléctricas en alcoba.	83
Fig. 71 Salidas eléctricas en baño.	84
Fig. 72 Salidas eléctricas en área social.	85
Fig. 73 Salidas eléctricas en cocina.	86
Fig. 74 Salidas eléctricas en zona de ropas.	87
Fig. 75 Plano eléctrico cableado.	88
Fig. 76 Ejemplo de cableado 1.	88
Fig. 77 Ejemplo de cableado 2.	89
Fig. 78 Menú Obras y Control.	92
Fig. 79 Datos generales del presupuesto.	93
Fig. 80 Opción de costos indirectos.	94
Fig. 81 Configuración de costos indirectos.	94
Fig. 82 Ítems de presupuesto.	95
Fig. 83 Menú de creación de ítems de presupuesto.	95
Fig. 84 Importar ítems de proyectos antiguos.	96
Fig. 85 Selección de proyectos para importar ítems.	96
Fig. 86 Importación de ítems del proyecto CANCHA.	97
Fig. 87 Recursos básicos de los ítems importados.	97
Fig. 88 Lista de ítems importados.	98
Fig. 89 Selección de la opción recursos básicos.	99
Fig. 90 Recursos básicos que componen los ítems,	99
Fig. 91 Opciones de análisis para el presupuesto.	100
Fig. 92 Resultados del análisis de presupuestos.	100

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
RETILAP	Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público
EPM	Empresas Públicas de Medellín
APU	Análisis de Precios Unitarios
NTC	Norma Técnica Colombiana

RESUMEN

Durante el desarrollo de las prácticas académicas en la empresa IETEK INGENIERÍA, se busca desarrollar una guía de diseño, la cual abarca las principales áreas en las cuales se enfoca un ingeniero de diseño eléctrico en la empresa. Es por esto que se desarrolla una guía con 4 capítulos, cada uno dedicado a un área específica: alumbrado público, mallas de puesta a tierra, redes internas o de usuario final, programación y control de obras por medio de software.

En la guía se podrán evidenciar ejemplos y fundamentos teóricos respaldados por la normativa vigente para la correcta realización de un diseño, además de sugerencias o recomendaciones propias de la experiencia y útiles para un ingeniero que busque aprender del diseño eléctrico.

Como base de la guía se encuentran los fundamentos teóricos, es por esto que cada una de las fórmulas, ecuaciones y cálculos expuestos en esta guía se encuentran respaldados por la normativa y estándares vigentes: RETIE, RETILAP, NTC 2050 y normas técnicas de EPM.

Palabras clave — (EJEMPLO) **Guía de diseño, normativa, RETIE, RETILAP, NTC 2050, Normas técnicas EPM.**

ABSTRACT

During the development of the professional internship at IETEK INGENIERÍA company, is necessary to create a design guide, this guide cover the main topics in which is focused a electrical engineer designer in the company. Therefore, is developed a guide with 4 chapters, each one dedicated to a specific topic: street and roadway lightning, grounding system, internal wiring and programing and control work through Obras y Control software.

This guide provides examples and theoretical fundaments that are supported by current regulations for the correct development of an electrical design. Additionally, useful suggestions and recommendations from experience for an engineer that need to learn about electrical design are exposed in this document.

The basis of the guide are theoretical fundaments, because of that each equation and calculation in this guide is supported by valid regulations and standards: RETIE, RETILAP, NTC 2050 and technical standards of EPM.

***Keywords* — Design guide, regulations, RETIE, RETILAP, NTC 2050, technical standards of EPM.**

I. INTRODUCCIÓN

La presente guía, tiene como objetivo fundamental ayudar en la formación del ingeniero electricista de diseño. Para la empresa IETEK INGENIERÍA es muy importante formar a el diseñador novato con conceptos sólidos y ejemplos prácticos que le sirvan de ayuda a la hora de enfrentarse a situaciones reales que le demanden todo el conocimiento adquirido durante su formación académica. Además, la guía permite facilitar el proceso de capacitación de los diseñadores novatos, ya que por medio de esta se solucionan inquietudes que normalmente surgen en los novatos durante la etapa de diseño.

La guía busca listar cada uno de los requerimientos necesarios para realizar un diseño eléctrico. Esto le permitirá al ingeniero e incluso al estudiante de ingeniería eléctrica de la Universidad de Antioquia hacerse a una idea de que requerimientos debe tener en cuenta a la hora de realizar un diseño.

Finalmente, se busca aportar un granito de arena en la formación integral del ingeniero electricista, así el diseño no sea su área de especialidad, el conocimiento de los conceptos aquí expuestos es muy útiles a la hora de ejercer la ingeniería eléctrica.

II. OBJETIVOS

A. *Objetivo general*

Desarrollar una guía de diseño, que permita simplificar y estandarizar los procesos de diseño, con el fin de reducir la operatividad propia de estos procesos para ampliar el enfoque de la empresa a temas de ingeniería más avanzada.

B. *Objetivos específicos*

- Crear un capítulo de la guía de diseño enfocado en instalaciones de alumbrado público, basados en RETIE, RETILAP, NTC 2050 y los manuales de alumbrado público correspondientes a los municipios pertenecientes y aledaños al Valle de Aburrá.
- Crear un capítulo de la guía de diseño enfocado a las mallas de puesta a tierra, basados en RETIE, NTC 2050, Normas de EPM, etc.
- Crear un capítulo de la guía de diseño enfocado en instalaciones internas, basados en RETIE, NTC 2050.
- Crear un capítulo de la guía de diseño enfocado en indicar como hacer uso del software *Obras y Control* para realizar una efectiva programación y control de obra.

III. CAPITULO 1: ALUMBRADO PÚBLICO

El alumbrado público es un servicio prestado por las administraciones municipales, se encarga de iluminar las calles, andenes, parques, plazoletas, etc. Gracias a el alumbrado público se mejoran notablemente la percepción de seguridad de muchos sectores de las ciudades, además de prevenir accidentes en carreteras motorizadas gracias al mejoramiento de la visibilidad. Por lo anterior es pertinente mencionar que el diseño de alumbrado público es importante para el bienestar de las personas y su diseño constituye una labor de gran relevancia en las grandes y pequeñas ciudades.

Para diseñar un alumbrado público han de ser tenidos en cuenta diferentes factores, tanto eléctricos como luminotécnicos, el cumplimiento de estos factores y aplicar correctamente las normativas vigentes (RETILAP, RETIE, NTC 2050, NORMAS TÉCNICAS EPM), garantizan la eficacia y cumplimiento de un diseño de alumbrado público.

De acuerdo con el capítulo 5 del RETILAP [1], la iluminación de un sistema de alumbrado público debe ser adecuada para el desarrollo normal de las actividades tanto vehiculares como peatonales. Para lo cual se debe tener en cuenta la confiabilidad de la percepción y la comodidad visual, aplicando la cantidad y calidad de la luz sobre el área observada y de acuerdo con el trabajo visual requerido. Así, para cumplir esos requerimientos de luz se debe hacer una cuidadosa selección de la fuente y la luminaria apropiada teniendo en cuenta su desempeño fotométrico, de tal forma que se logre los requerimientos de iluminación con las mejores interdistancias, las menores alturas de montaje y la menor potencia eléctrica de la fuente posible [1]. Adicionalmente, el RETILAP [1] nos establece unos requisitos mínimos a cumplir de luminancia e iluminancia según el tipo de vía.

La luminancia se refiere a la luminosidad percibida por el ojo humano que emerge de una superficie que reflecta luz como fuente de luz, o por transmisión o reflexión. La luminancia expresa la relación de la intensidad luminosa respecto a la superficie proyectada perpendicularmente a la dirección desde la que se observa. Su unidad fotométrica es la candela por metro cuadrado (cd/m^2)

[2]. Tomando como base la luminancia, la tabla 510.2. 1.a. del RETILAP [1], nos establece otros requisitos de luminancia que debe cumplir una calzada vehicular.

La iluminancia se refiere a la cantidad de luz que incide sobre una superficie. Expresa la relación del flujo luminoso incidente respecto al tamaño de la superficie. La unidad de medida de la iluminancia es el lux (lx). Esta unidad se define como lumen por metro cuadrado ($1\text{lx} = 1\text{lm}/\text{m}^2$). La iluminancia disminuye con el cuadrado de la distancia de la fuente de luz (ley de la inversa del cuadrado de la distancia) [3]. La iluminancia a su vez, viene acompañada de un factor de uniformidad de iluminancias, el cual comprende unos mínimos establecidos en la tabla 510.2.1 b. del RETILAP [1].

Los requisitos de luminancia e iluminancia establecidos en el RETILAP [1], se deben cumplir a cabalidad para que el diseño de alumbrado público sea óptimo y eficaz. Es importante mencionar que estos requisitos no aplican en conjunto para todos los casos. En el caso de vías vehiculares, es indispensable cumplir con ambos requisitos según el tipo de vía. Sin embargo, existen otros casos, en los cuales es posible que sólo aplique un requerimiento y no ambos, por ejemplo, cuando se habla de zonas críticas no cercanas a vías vehiculares como plazas, senderos, parques, canchas, etc. Se debe velar por el cumplimiento de los requisitos de iluminancia. Por otro lado, en zonas críticas adyacentes o pertenecientes a vías vehiculares como cruces de vía, bahías vehiculares o rotondas, se debe velar por el cumplimiento de requisitos de luminancia. Finalmente, si vamos a iluminar una calzada vehicular sin andenes o ciclorrutas adyacentes, sólo debemos preocuparnos por los requisitos de luminancia.

Diseño de Alumbrado Público

Un diseño de alumbrado público, puede ser desarrollado con facilidad y solvencia siguiendo las pautas aquí mencionadas. Sin embargo, no está demás aclarar que cada proyecto constituye en sí mismo un reto, por lo cual es posible que se deban tener en cuenta más o menos factores de los aquí mencionados. A continuación, para ir explicando cada uno de los pasos a seguir, se pone de ejemplo un proyecto de alumbrado público cuya información es parcialmente real, sin embargo, se opta por modificar algunos datos en pro de mantener la confidencialidad del cliente en cuestión.

El proyecto a tener en cuenta se denomina Alumbrado Público Asaí, este proyecto comprende una vía vehicular nueva que hará las veces de vía colectora para una unidad residencial, una rotonda y andenes adyacentes a la vía, una vía de estas características se cataloga como M4 según la tabla 510.1.1.a del RETILAP [1]. El proyecto está ubicado en el municipio de Itagüí y su construcción estará a cargo de la constructora Ángulo Ingeniería.

Documentación

En la etapa inicial de un proyecto de alumbrado público es indispensable tener a la mano la documentación necesaria para iniciar el mismo; es importante disponer de:

- Planos urbanísticos.
- Licencia de construcción y/o plano urbanístico aprobado (por el municipio en cuestión).
- Documentación referente a la empresa o particular interesado en llevar a cabo el proyecto.
- Dirección y/o ubicación geográfica del proyecto.
- Levantamiento de las redes de alumbrado público existentes cuando sea necesario (Habitualmente es necesario cuando se va a realizar una modernización del alumbrado público, o cuando se utilizan redes existentes de alumbrado público).

La anterior documentación constituye una información básica y completamente necesaria para cualquier proyecto de alumbrado público, las siguientes corresponden a información que en ocasiones debe ser consultada con el municipio en el cual se lleva a cabo el proyecto, cada municipio tiene exigencias que en general son similares, pero pueden diferir en ciertos aspectos:

- Tipo de luminarias a instalar
- Tipo de postería a instalar

Por ejemplo, en el municipio de Sabaneta, para proyectos de modernización o iluminación de calles nuevas, se exige que los postes sean de tipo Carabobo.

Para el proyecto de ejemplo, la constructora que hace las veces de cliente proporciona los planos urbanísticos, el proyecto urbanístico general (P.U.G) aprobado por el municipio y la información referente a la constructora.

La ubicación del proyecto es en la Calle 31 #61-72, Pilsen, Itagüí, Antioquia.



Fig. 1 Plano urbanístico del proyecto Asaí.

En la Fig. 1. se puede apreciar el plano urbanístico que envía el cliente o constructor. A partir de estos se identifica el área a diseñar, que en este caso va desde la rotonda ubicada en la parte superior hasta la intersección ubicada en la parte inferior.

Para este caso no es necesario realizar el levantamiento de las redes de energía o de alumbrado público debido a que la vía es nueva. Tampoco hay requerimientos especiales de parte del municipio, por lo tanto, el diseñador tiene una libertad más amplia para presentar su propuesta.

Revisión de la ubicación del proyecto

Inmediatamente después se realice la verificación de toda la información solicitada al cliente, es indispensable llevar a cabo una revisión de la ubicación geográfica del proyecto, esta se puede realizar en base a herramientas online como Google Maps [4], Google Earth y haciendo uso del mapa de redes de energía eléctrica disponible en el Geoportal de EPM [5] o también se puede realizar una visita de campo al proyecto. En esta revisión se deben identificar aspectos importantes tales como:

- Redes eléctricas cercanas al proyecto.
- Transformadores monofásicos cercanos al proyecto (Habitualmente las redes de alumbrado público se alimentan de transformadores monofásicos, es posible pero poco habitual que desde EPM se otorgue un punto de conexión para alumbrado público en un transformador

trifásico, esto debido a que habitualmente los transformadores trifásicos son propiedad de terceros).

- Cajas de distribución de alumbrado público cercanas al proyecto.
- Alumbrado público cercano al proyecto.

Tener claros los anteriores aspectos, facilita en gran medida las siguientes etapas del diseño.

La ubicación del proyecto en la Fig. 2. permite evidenciar la existencia de una calle principal denominada Calle 31, la cuál es perpendicular a la calle nueva que hace parte del proyecto.

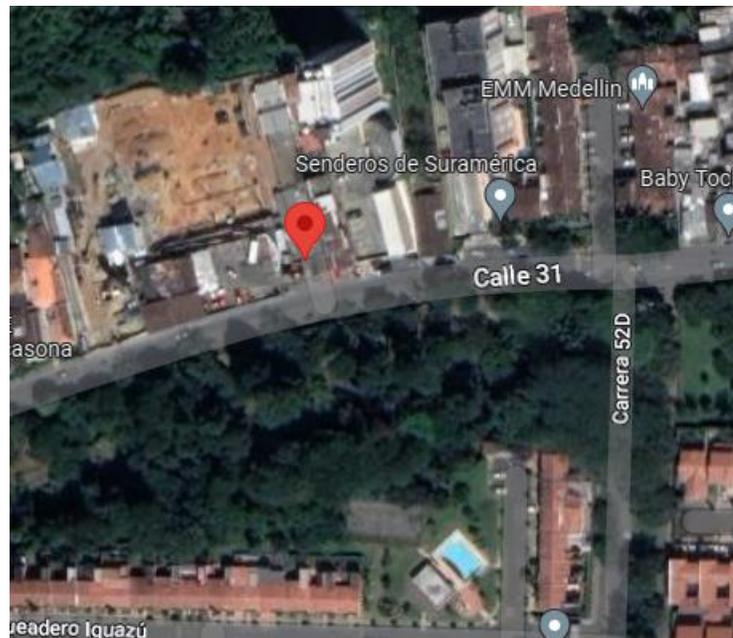


Fig. 2 Ubicación del proyecto Asaí.



Fig. 3 Ubicación del transformador existente.

Una vista más detallada de la zona en la Fig. 3. permite identificar la existencia de un transformador monofásico, cercano al proyecto. Este transformador, sería el más apropiado para obtener el punto de conexión, ya que es muy cercano al proyecto.

Finalmente, en la Fig. 4. una búsqueda más detallada del transformador en el Geoportál de EPM [5], permite identificar el número de transformador. A partir de esta información, se puede solicitar al operador de red el punto de conexión en este transformador.

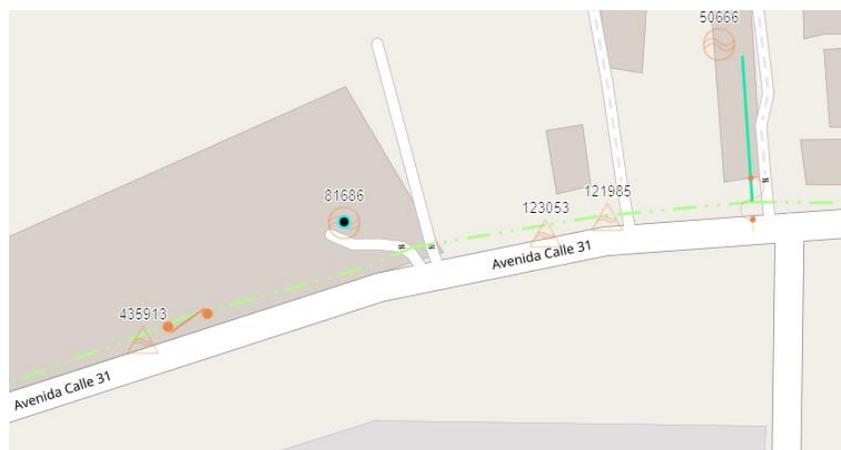


Fig. 4 Ubicación del transformador en el geoportál de EPM.

Punto de Conexión

El punto de conexión permite conectar las luminarias que conforman el alumbrado público a la red eléctrica. Una vez se identifican todos y cada uno de los aspectos que constituyen la revisión

de la ubicación del proyecto, es pertinente solicitar ante el operador de red el punto de conexión. Uno de los aspectos con más relevancia en la solicitud de un punto de conexión es la capacidad o potencia a instalar en kVA (kilo Voltio-Amperios) ya que con esta se definen otras variables como el calibre de la acometida, el tipo de medidor, el tamaño de la tubería, etc.

El cálculo aproximado de la potencia a instalar en kVA puede ser llevado a cabo con la siguiente fórmula empírica.

$$Potencia (kVA) = \frac{Longitud\ de\ vía}{30\ m} * 0.15\ kVA \quad (1)$$

En la fórmula (1), se considera que una luminaria ubicada cada 30 metros, va a consumir 150VA en promedio. Como se menciona anteriormente esta es una fórmula empírica y sólo sirve para hacer aproximaciones.

En este punto es normal plantearse la siguiente pregunta: ¿Por qué no realizar el diseño y cuando se tenga el conocimiento de la potencia que demandan las luminarias se pide el punto de conexión? Esto también es posible, sin embargo, en IETEK INGENIERÍA y generalmente en todas las empresas que se dedican al diseño eléctrico, se estima que los diseños se realicen, radiquen y se aprueben en periodos cortos de tiempo. En esta lucha contra reloj resulta contraproducente esperar bastante tiempo para solicitar el punto de conexión ya que la respuesta de los operadores de red a estos requerimientos es lenta. Y para poder ingresar a revisión un proyecto de alumbrado público, en cualquier municipio, es indispensable disponer de un punto de conexión.

Así pues, a la hora de solicitar un punto de conexión, se debe disponer de la siguiente información:

- Nombre del proyecto.
- Municipio.
- Barrio o Sector.
- Dirección del proyecto o dirección cercana a el mismo.
- Potencia a instalar en kVA.

-
- Tipo de carga a instalar (Monofásica).
 - Nivel de tensión.
 - Un correo electrónico al cual el operador de red enviará la respuesta.
 - Información del ingeniero responsable: Nombre, Cédula, Matrícula Profesional, Celular, Correo.
 - Información del propietario: Razón Social, Cédula o Nit, Celular, Dirección, Correo.
 - Observaciones y/o sugerencias tales como: Número de transformador cercano para punto de conexión, o caja de paso existente de alumbrado público; también es buena idea sugerir que en el momento en que se vaya a asignar el punto de conexión se llame al electricista, para ayudar al ingeniero o tecnólogo de EPM a entender las características y necesidades del proyecto.

Un punto de conexión se solicita mediante el número de atención del operador de red, en el caso de EPM se solicita al 6044444115 opción 2, área de energía. A estas solicitudes generalmente atienden técnicos o tecnólogos eléctricos, que en algunos casos tienen carencias teóricas, por lo cual es muy importante tener clara y expresar correctamente la información que anteriormente se menciona. Habitualmente las solicitudes de puntos de conexión obtienen respuesta en un plazo máximo de 7 días hábiles, sin embargo, este plazo eventualmente puede extenderse por lo cual es importante tener presente el número de radicado que el operador otorga al ingresar la solicitud, ya que con este número se puede llamar y preguntar por el estado de la solicitud en cuestión.

Para el punto de conexión del proyecto Asaí, se realiza la medida de la longitud de la calzada por medio del plano urbanístico en AutoCAD, para este caso, la longitud total aproximada es de 60 metros. Después de aplicar la fórmula empírica (1), se obtiene como resultado que la potencia aproximada a solicitar es de 0.425kVA. La potencia que demanda este proyecto en particular es muy baja, por lo cual es aconsejable solicitar mínimo 1kVA, para tener holgura en caso de que ocurra algún cambio en el tramo de vía a iluminar o en el tipo de luminarias a instalar.

El operador de red otorga el punto de conexión en este caso en el transformador deseado. En ocasiones, el transformador deseado para el punto de conexión no tiene la capacidad suficiente para atender la demanda de potencia, por lo cual el operador de red otorga el punto de conexión en algún otro transformador cercano.

Los puntos de conexión que otorga EPM contienen información similar a la presentada en la TABLA I. esta información resulta útil para conocer las características de la acometida, la protección y del punto de medición.

TABLA I
DATOS DEL PUNTO DE CONEXIÓN

Acometida general	No Aplica
Acometida Individual	2xN°8+1xN°8 THHN en Tubería PVC 1p Canalizada + bajante TMG-IMC 1p
Protección de instalaciones individuales	2X40 A
Tipo de medidor	1F-3H 240 / 120 V Clase 1
Ubicación equipo(s) de medida	Pedestal

Simulación.

La simulación permite al diseñador verificar si su diseño cumple a cabalidad los requisitos y exigencias estipulados en el RETILAP [1]. Los requisitos que se deben cumplir dependen del tipo de diseño, por ejemplo, para vías o calzadas, deben cumplirse requisitos de luminancia e iluminancia y para andenes, parques, plazas, senderos deben cumplirse requisitos de iluminancia.

El procedimiento a llevar a cabo para realizar la simulación consta de los siguientes pasos:

- Identificar el tipo de vía a iluminar (M1, M2, M3, M4, M5) si aplica.
- Identificar la zona crítica a iluminar (senderos, parques, plazoletas, etc) si aplica.
- En el caso de que se vaya a iluminar una vía o calzada, es importante conocer sus dimensiones, si tiene o no andenes adyacentes a la vía y sus dimensiones, si tiene o no zona verde y sus dimensiones.
- El tipo de postería a instalar.
- El tipo de brazos a instalar.
- El tipo de luminarias a instalar.

- La distancia entre la calzada y el mástil del poste en caso de que se vayan a iluminar vías o calzadas.

Haciendo uso de toda esta información y en el caso de que se esté iluminando una vía o calzada, se procede a realizar un perfil típico de la vía, en el caso de IETEK INGENIERÍA se utiliza Dialux 4.13, sin embargo, otro software de simulación como LITESTAR o DiaLux Evo pueden ayudar a realizar esta tarea adecuadamente. Una vez realizado el perfil típico debemos proceder a verificar que los resultados cumplan a cabalidad con la Tabla 510.2.1.a. del RETILAP [1]. Además, si la vía cuenta con andenes y/o ciclorrutas adyacentes a la vía se deben verificar también los valores de iluminancia estipulados en la tabla 510.3.a del RETILAP [1].

Se realiza la simulación de las áreas o zonas críticas correspondientes que puedan existir en el proyecto, tales como: Cruces de vía, bahías vehiculares, etc. En la tabla 510.2.3.b. del RETILAP [1] están estipulados los niveles de iluminancia que deben cumplir las áreas críticas de las vías vehiculares.

Por otro lado, si el área crítica corresponde a zonas distintas a vías vehiculares tales como: Senderos, canchas, parques, etc. En la tabla 510.3.b. del RETILAP [1] están estipulados los niveles de iluminancia que deben cumplir las áreas críticas en cuestión.

En ambos casos, las áreas críticas deben ser detalladas por medio de superficies de cálculo, para verificar que se cumpla con los niveles adecuados de iluminancia.

En el software Dialux 4.13, es posible importar planos desde AutoCAD, por lo cual se facilita la construcción del área crítica y su posterior verificación de cumplimiento de la norma. En ocasiones, algunos municipios exigen que se haga un diseño detallado de toda la vía (no solo de las áreas críticas), por lo cual es importante exportar a Dialux 4.13 todo el plano urbanístico que contenga el alcance del proyecto.

Para el caso del proyecto Asaí, se procede a limpiar el plano urbanístico del proyecto, limpiar el plano consiste en eliminar los elementos que no sean de utilidad para la simulación, sólo

se deben dejar los contornos de la vía, los andenes, las zonas verdes y las ciclorrutas en caso de que existan, tal y como se muestra en la Fig. 5. Este proceso se lleva a cabo en AutoCAD, una vez se tenga limpio en plano, es recomendable poner las líneas en una capa de color gris, para que al exportar el plano a Dialux 4.13 no se generen problemas en la visualización del plano. Por otro lado, el archivo DWG que exportemos a Dialux 4.13 debe estar en la versión 2010, para que sea compatible con el software de simulación.

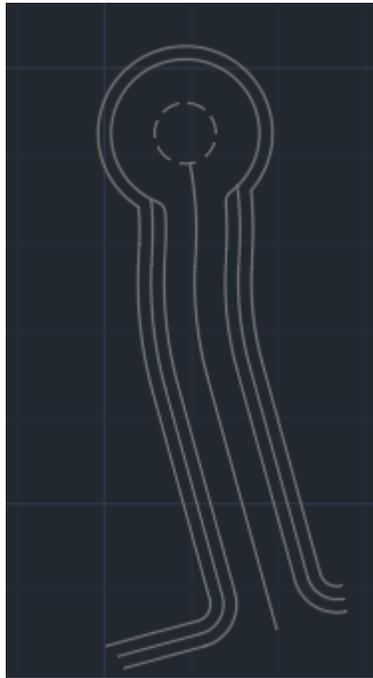


Fig. 5 Plano base del proyecto.

Una vez se limpia el plano, se debe exportar el plano a Dialux 4.13. Cuando se abra el software de simulación, se procede a seleccionar la opción “Nuevo proyecto exterior” tal y como se muestra en la Fig. 6.



Fig. 6 Pantalla de inicio Dialux 4.13.

A continuación, se procede a cargar el archivo DWG del plano limpio, como se muestra en la Fig. 7.

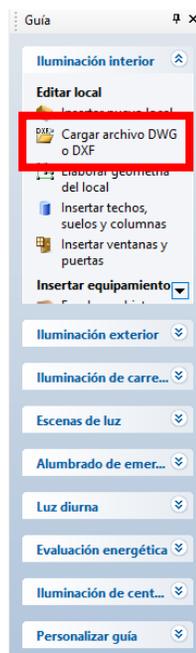


Fig. 7 Importar archivos desde AutoCAD.

Se selecciona la ruta en la que está el archivo, como se muestra en la Fig. 8.

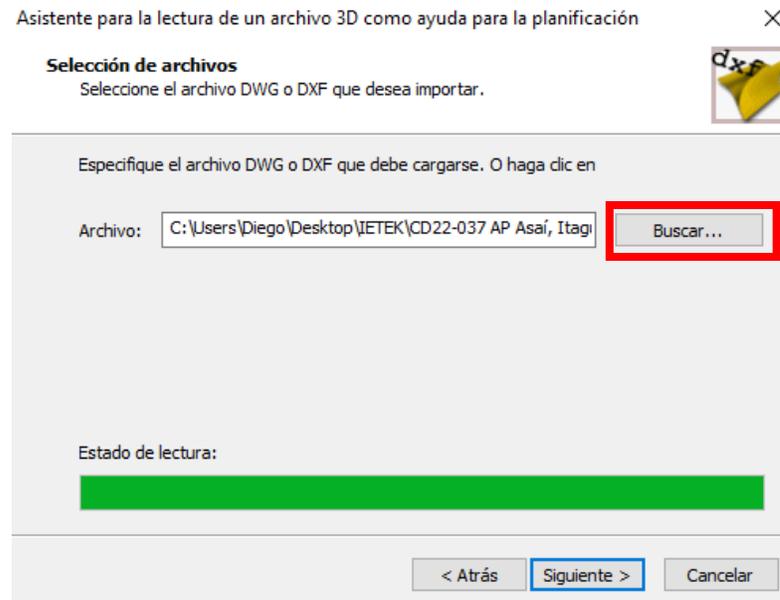


Fig. 8 Procedimiento de importación de planos desde AutoCAD.

Se seleccionan las unidades en el archivo en metros y finalizamos, como se muestra en la Fig. 9.

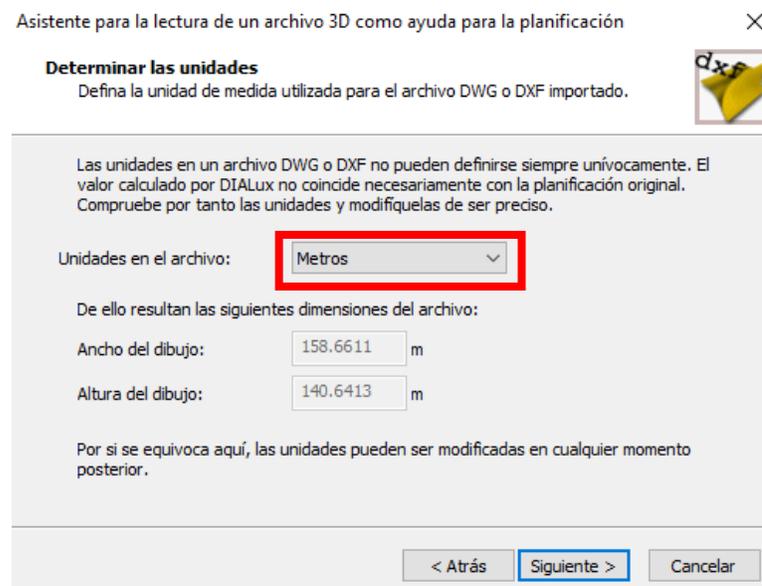


Fig. 9 Unidades del plano a importar desde AutoCAD.

El dibujo importado a Dialux 4.13 tener una apariencia similar a la mostrada en la Fig. 10.

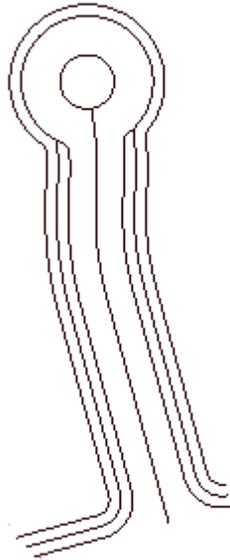


Fig. 10 Plano importado desde AutoCAD.

En este caso en particular, para hacer más completo el ejemplo, se modelan todas las superficies de la calle. Es pertinente aclarar que, una vez realizado el perfil típico, sólo es necesario modelar como superficies de cálculo las zonas críticas del proyecto, en este caso la superficie crítica es la rotonda.

Para crear las superficies de cálculo, se insertan elementos de suelo, como se muestra en la Fig. 11.

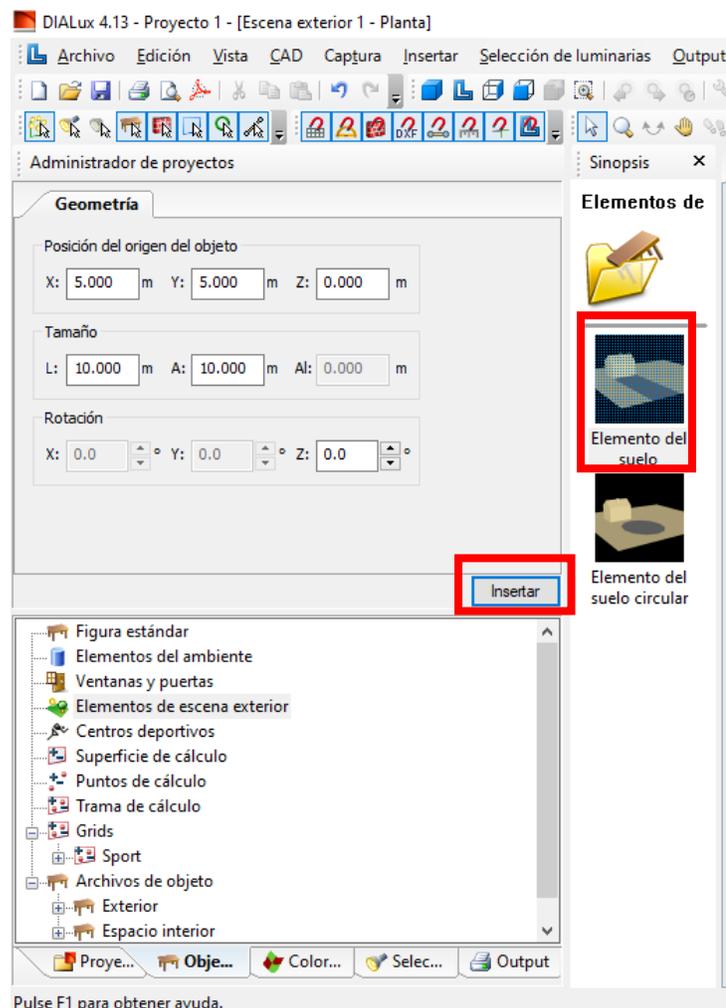


Fig. 11 Procedimiento para insertar elementos de suelo.

Los elementos de suelo se insertan con una forma rectangular, una vez insertado el elemento de suelo, se da click derecho y se selecciona la opción de “Editar elemento de suelo”, como se muestra en la Fig. 12.

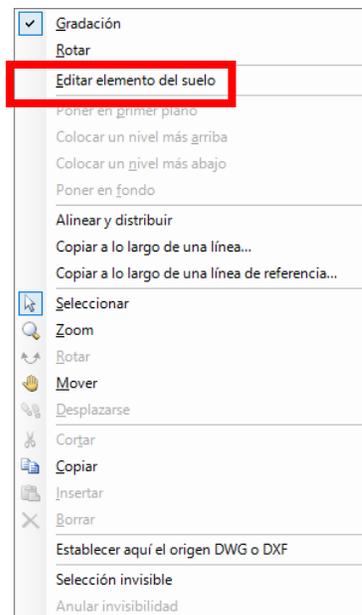


Fig. 12 Edición de elemento de suelo.

Posteriormente se da click derecho de nuevo y se selecciona la opción “Dibujar polígono”, como se muestra en la Fig. 13. Este dibujo se debe realizar por todo el contorno de la superficie a modelar, en este caso para hacer completo el ejemplo, se debe hacer una superficie para la calle, otra para la rotonda y otra para el andén.

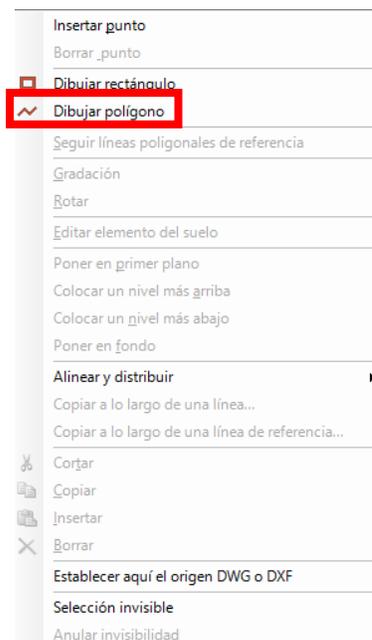


Fig. 13 Opción de dibujar polígono como elemento de suelo.

Una vez se dibujan las superficies por medio de elementos de suelo, en plano debe tener un aspecto similar al mostrado en la Fig. 14.

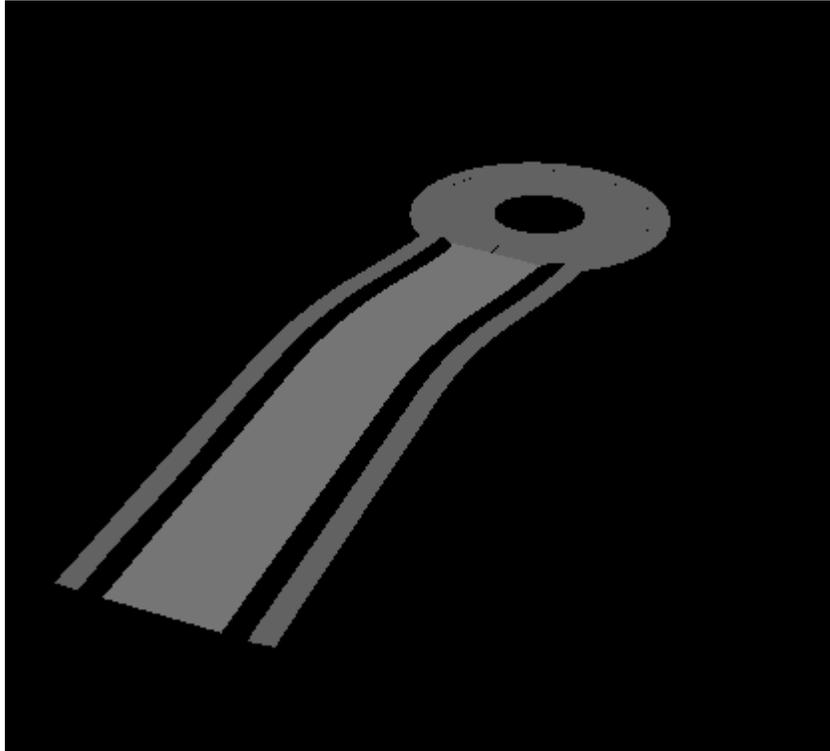


Fig. 14 Superficies de cálculo en 3D.

A continuación, se procede a construir el perfil típico de la vía. Para construir un perfil típico, se necesita extraer información del plano y definir otros parámetros en base a la selección de la luminaria, el brazo y el poste a utilizar. En el plano se puede identificar por medio de la herramienta acotar, la información del ancho de vía, el ancho de los andenes y el ancho de la zona verde. Para este caso, el ancho de la vía es de 7 metros, la zona verde es de 1.5 metros y el andén es de 1.5 metros.

Para este caso en especial, se decide utilizar una luminaria Leotek Green Cobra de 85W, la decisión del tipo de luminaria se toma a partir de las dimensiones de la vía, el tipo de aplicación y

la disponibilidad que tenga el fabricante. También se decide en base a requerimientos específicos del cliente.

Es recomendable programar una reunión con el distribuidor de la marca para la luminaria que se esté interesado en utilizar para solicitar recomendaciones y para que proporcione las fotometrías, el archivo IES (Archivo que detecta dialux) y la ficha técnica de la luminaria.

También se decide utilizar postes de 9 metros en concreto y un brazo $52^{\circ}/0^{\circ}$, la decisión de que tipo de postes y brazos se utilizan, es en gran medida criterio del diseñador debido a que existen muchas configuraciones y diseños que pueden resolver un mismo problema. Es responsabilidad y deber del diseñador seleccionar la opción más óptima posible.

Después de seleccionar los elementos con los cuales se hará el montaje, se procede a crear y definir los parámetros del perfil típico.

Inicialmente, para el proyecto se debe insertar una nueva calle estándar, la cual hace las veces de modelo para el alumbrado público, en la Fig. 15. Se aprecia el procedimiento a seguir.

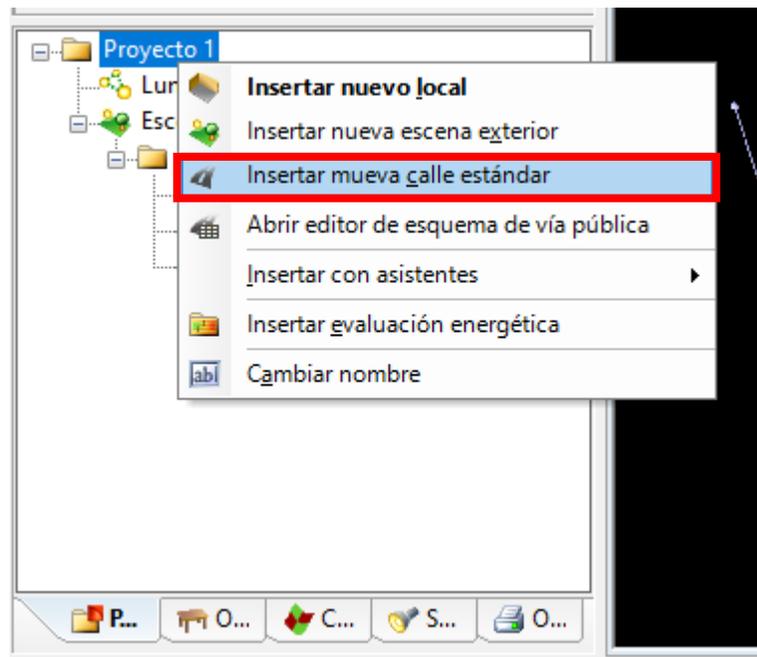


Fig. 15 Insertar calle estándar para perfil de vía.

Posteriormente se editan los parámetros base de la calle, se selecciona la calzada, se ajusta al tamaño necesario y se define el número de carriles que componen la vía, en este caso son 7 metros y dos carriles, como se puede apreciar en la Fig. 16.

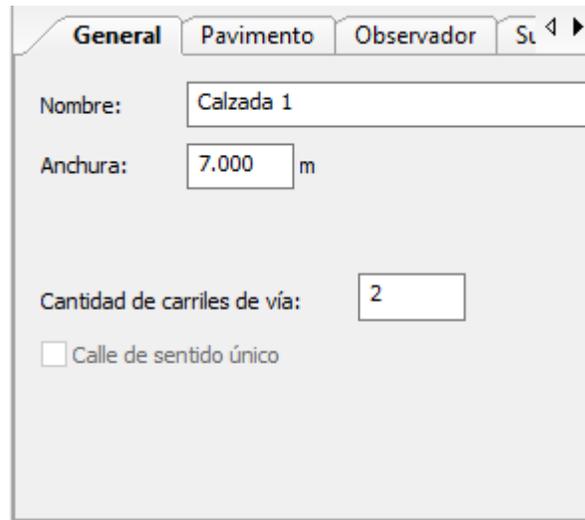


Fig. 16 Configuración de la calzada para el perfil de vía.

A continuación, como se muestra en la Fig. 17, se añaden los elementos adyacentes a la vía y se define su ancho. En este caso es un andén de 1.5 metros y una zona verde de 1.5 metros a ambos lados de la calle. En el apartado de organización se añaden los elementos adyacentes, se definen sus dimensiones y se organizan en el orden que se muestra en el plano urbanístico.

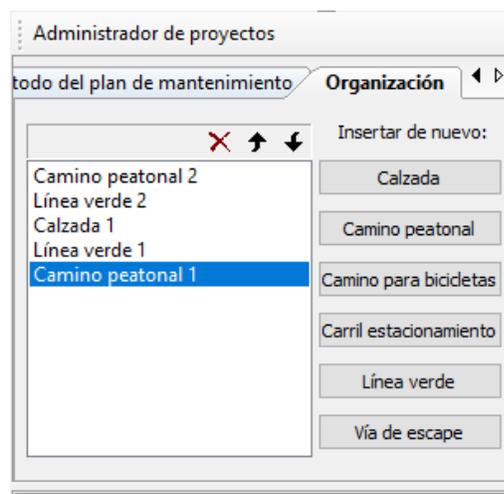


Fig. 17 Procedimiento para añadir andenes y zonas verdes adyacentes a la vía.

El perfil de la vía del proyecto debe tener un aspecto similar al que se muestra en la Fig. 18.

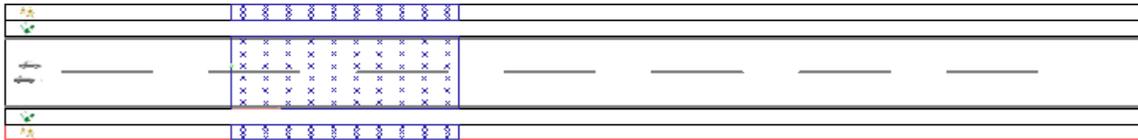


Fig. 18 Disposición de la vía y superficie de cálculo.

Los recuadros que aparecen en con (x), son las superficies que el programa utiliza para realizar la simulación y obtener los resultados.

Una vez se configura la vía, se procede a insertar el archivo IES de la luminaria a utilizar, en este caso solo es necesario arrastrar la fotometría y/o archivo IES hasta la vía y posteriormente se configura. Como se muestra en la Fig. 19. Se selecciona la opción de girar CDL en 90° y se da aceptar, en ningún caso se deben cambiar las dimensiones de la luminaria o de la superficie emisora de luz.

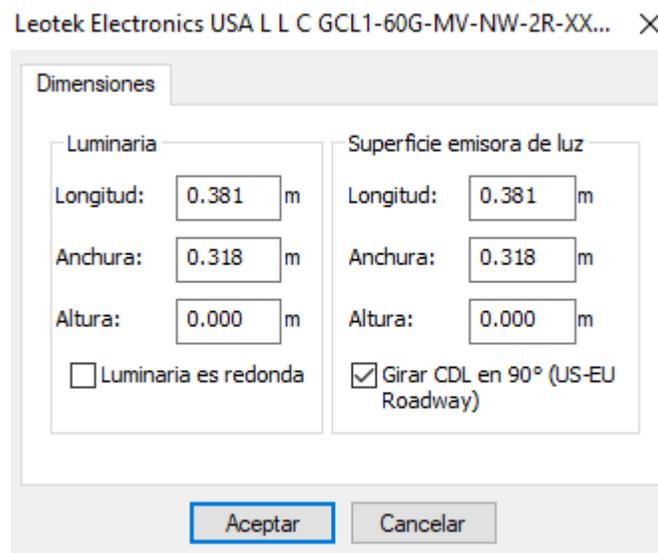


Fig. 19 Configuración de la luminaria.

Después, se selecciona la ventana disposición de calle Fig. 20. esta despliega un menú en la parte superior en donde se configuran los parámetros de la posición de la luminaria, Fig. 21.

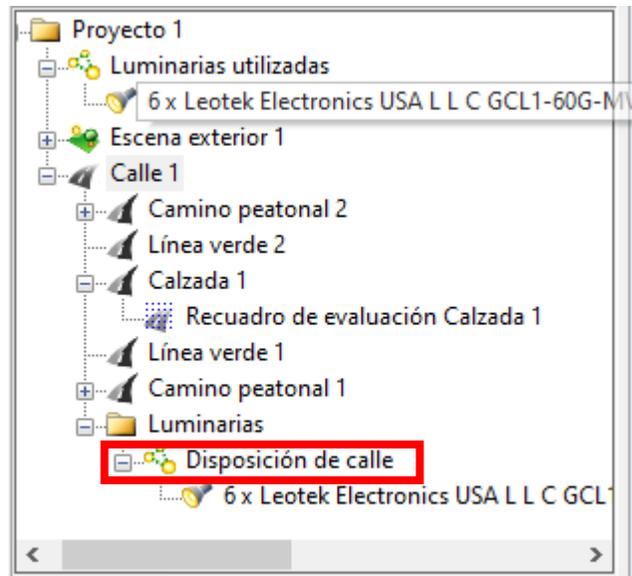


Fig. 20 Configuración de la disposición de calle.

Primero se configura la disposición de las luminarias, en este caso se configura unilateral abajo, también hay otras opciones como unilateral arriba o intercaladas, como se muestra en la Fig. 21.

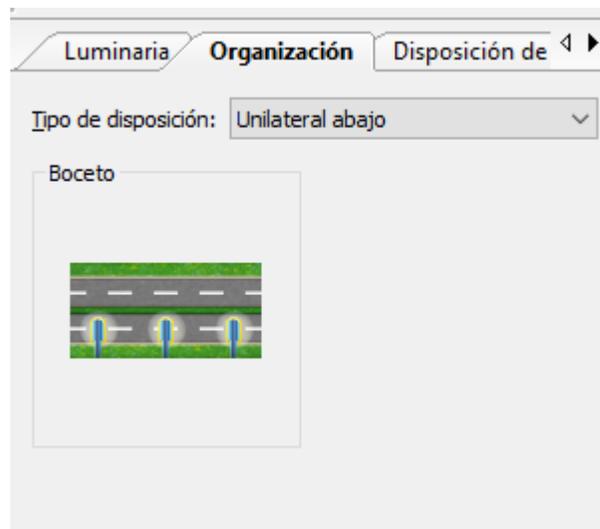


Fig. 21 Configuración de la ubicación de las luminarias.

Luego se configura la disposición de mástiles o postes, en este caso para un poste de concreto de 9 metros de altura con un brazo $52^{\circ}/0^{\circ}$, la luminaria está ubicada a una altura de 8.4 metros respecto al suelo. Es relevante aclarar que una parte del poste queda enterrada. La longitud

de enterramiento de un poste está dada por la siguiente formula. En la Fig. 22. Se puede, evidenciar el detalle de enterramiento de un poste de 9 metros.

$$\text{Profundidad (m)} = 0.1 * \text{Altura de Poste} + 0.6 \quad (2)$$

Para el caso de postes de concreto de 9 metros, el poste va a estar enterrado 1.5 metros. También en este apartado se configura la distancia que hay entre poste y poste, en este caso, 20 metros, como se aprecia en la Fig. 22. En caso de que con esta distancia no se cumplan los requerimientos, se debe variar la interdistancia entre postes hasta cumplir con el reglamento.

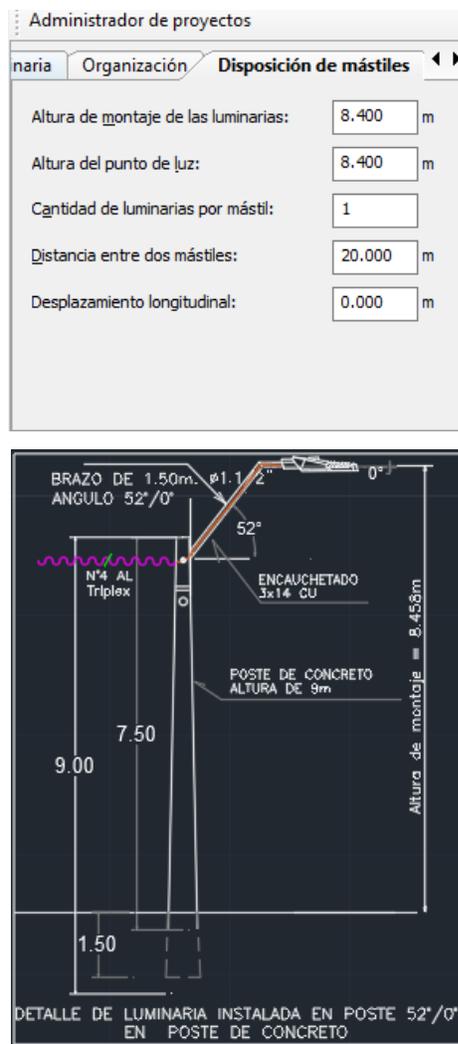


Fig. 22 Configuración de mástiles y ejemplo.

Se configuran los parámetros del brazo, en este caso para un brazo $52^{\circ}/0^{\circ}$ el avance del brazo es de 0.972 metros, la inclinación del brazo es 0° y la distancia mástil-calzada es de 0.5 metros, como se muestra en la Fig. 23. Los otros parámetros se configuran automáticamente.

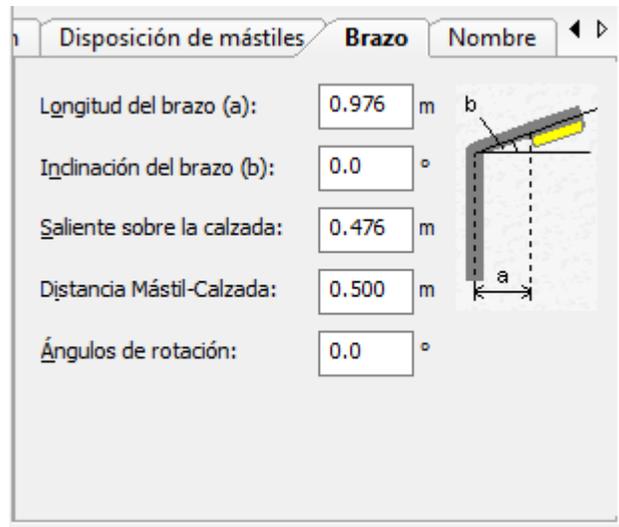


Fig. 23 Configuración del brazo.

Una vez se configuran estos parámetros se puede verificar por medio de la vista 3D la disposición de las luminarias sobre la calzada, esto puede ayudar a detectar errores o incoherencias.

Después de verificar, se procede a simular el perfil de la vía y a continuación en el apartado de “output” se visualizan los resultados luminotécnicos del perfil de la vía, como se muestra en la Fig. 24.

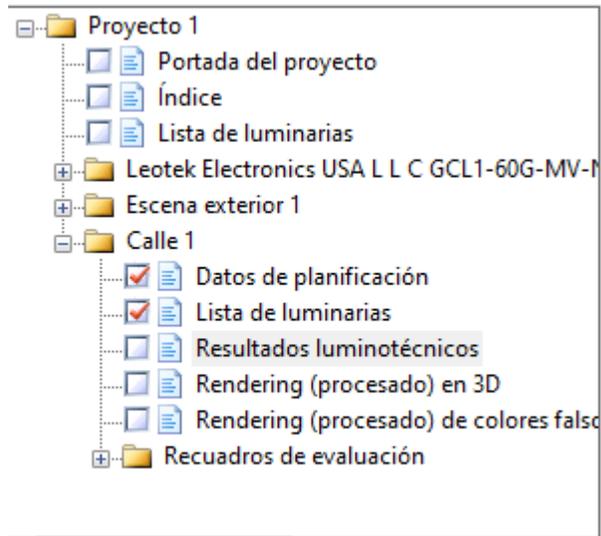


Fig. 24 Opción de resultados luminotécnicos.

En la primera sección de la presentación de los resultados, visualizamos la disposición de la vía y donde se ubican los puntos de medición, como se muestra en la Fig. 25.

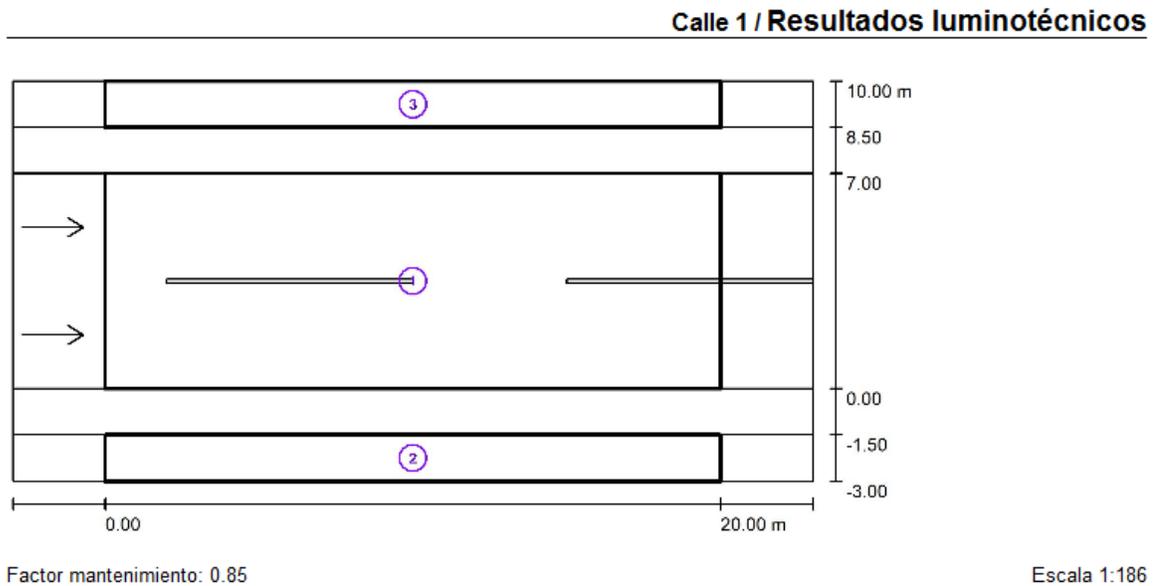


Fig. 25 Observadores o puntos de cálculo.

Posteriormente se presentan los resultados de luminancia para la vía e iluminancia para los andenes, como se muestra en la Fig. 26.

Lista del recuadro de evaluación

1	Recuadro de evaluación Calzada 1 Longitud: 20.000 m, Anchura: 7.000 m Trama: 10 x 6 Puntos Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1. Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070 Clase de iluminación seleccionada: ME4a	L_m [cd/m ²] 2.38	U0 0.64	UI 0.88	TI [%] 11	SR 0.66
2	Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 Longitud: 20.000 m, Anchura: 1.500 m Trama: 10 x 3 Puntos Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1. Clase de iluminación seleccionada: CE5			E_m [lx] 14.57		U0 0.79
3	Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 Longitud: 20.000 m, Anchura: 1.500 m Trama: 10 x 3 Puntos Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2. Clase de iluminación seleccionada: CE5			E_m [lx] 23.29		U0 0.90

Fig. 26 Resultados luminotécnicos.

Se realiza la comparación con la tabla 510.2.1.a del RETILAP [1], se evidencia que se cumple a cabalidad con todos los requisitos de luminancia e iluminancia para la calzada y los andenes adyacentes a la vía, esto sí y sólo si se utilizan postes de 9 metros, brazos 52°/0° y una interdistancia de 20 metros.

Finalmente se procede a simular las zonas críticas del alumbrado público, en este caso se debe verificar los requisitos de iluminancia en la zona de la rotonda, mostrada en la Fig. 27. Para esto se debe ubicar las luminarias acordes al criterio del diseñador sobre las superficies anteriormente construidas, en este caso, el área de interés es la rotonda.

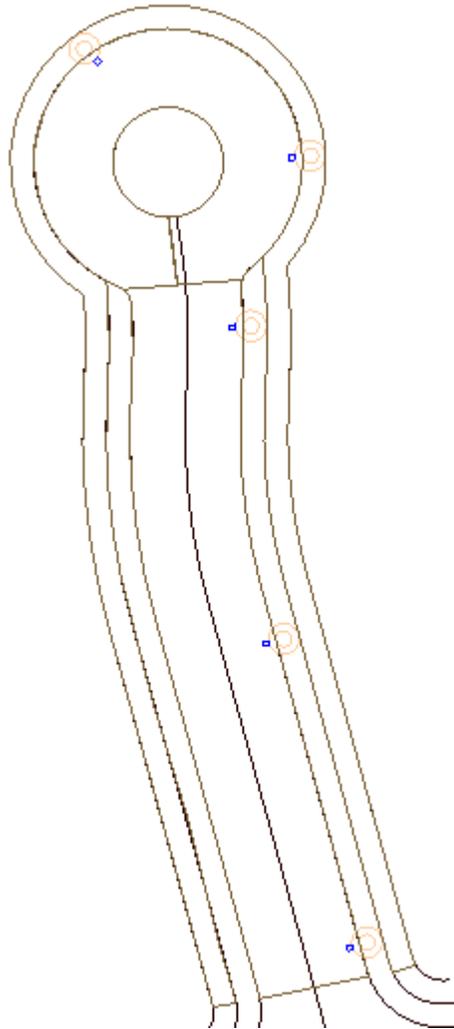


Fig. 27 Ubicación de las luminarias en las superficies de cálculo.

En las zonas típicas de la vía, se colocan las luminarias respetando la interdistancia de 20 metros que se calcula en el perfil típico, ya que esto garantiza el cumplimiento de los niveles de luminancia e iluminancia. En la zona crítica se acomodan las luminarias a criterio de diseñador con el fin de cumplir los requisitos de iluminancia. Estos requisitos para zonas críticas están estipulados en la tabla 510.2.3.a del RETILAP [1], y el tipo de zona crítica se puede definir en base a la tabla 510.2.3.b del RETILAP [1]. Para este caso se tiene una glorieta pequeña, categorizada como C3, esta debe de cumplir con una uniformidad igual o superior al 40% y una iluminancia media de 15 luxes.

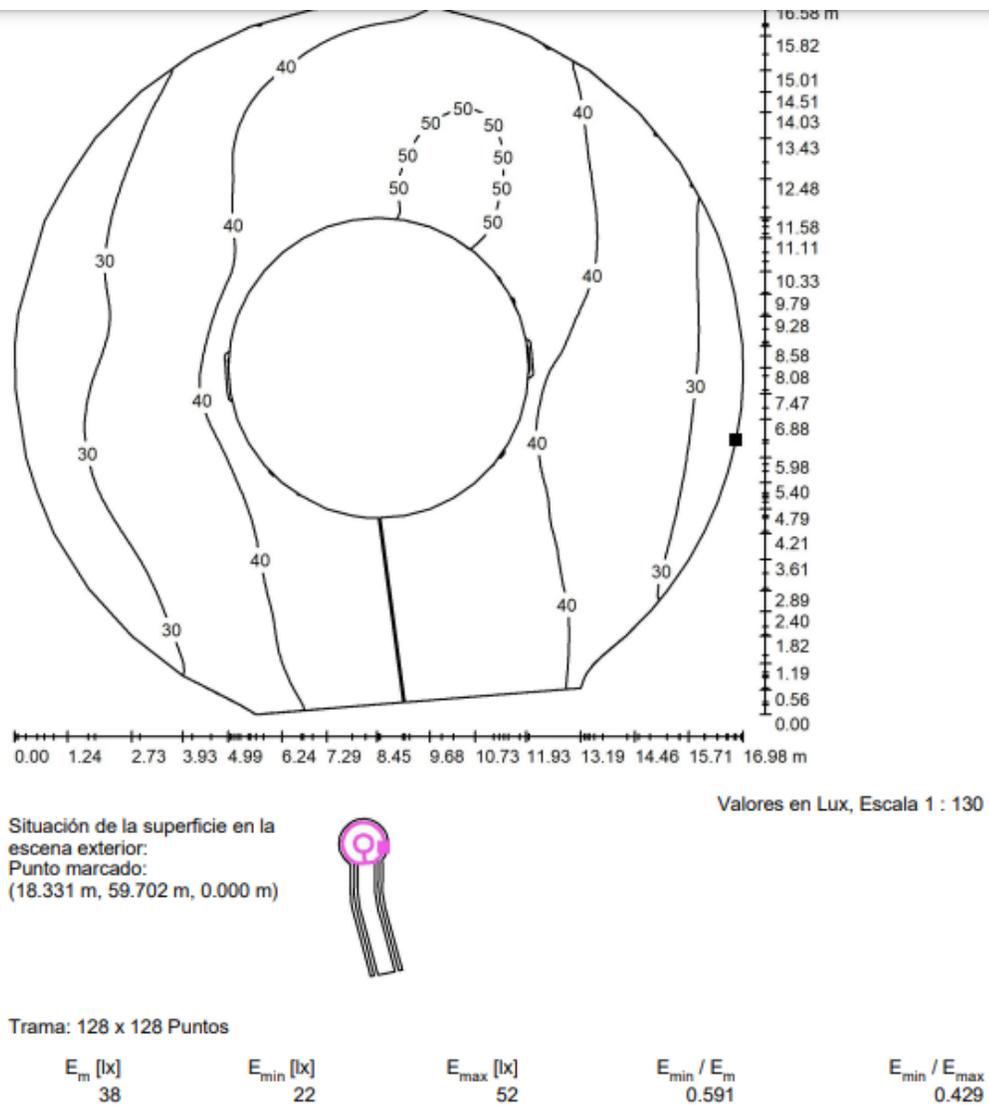


Fig. 28 Resultados de iluminancia en superficie crítica.

Para este caso, se obtiene un resultado de 38 luxes y una uniformidad de 59%, como se muestra en la Fig. 28. Cumpliendo a cabalidad con los requerimientos del RETILAP [1]. Una vez la simulación ha sido desarrollada y verificada, se procede a realizar el plano eléctrico.

Plano Eléctrico

El plano eléctrico permite identificar plenamente todos los componentes necesarios para llevar a cabo la ejecución del proyecto, en él se identifican la cantidad y ubicación de las luminarias,

la cantidad y la ubicación de las cajas de paso (si existen), el calibre del alimentador, la ubicación del punto de conexión, la ubicación del medidor, el tamaño de la tubería, etc.

Una vez finalizada la simulación, se procede a iniciar con el diseño del plano eléctrico, generalmente este plano eléctrico se realiza en el software AutoCAD, sin embargo, si el diseñador propone otra alternativa es libre de hacerlo.

Inicialmente se debe tener a la mano los bloques y/o convenciones a utilizar en el plano, además, se debe exportar la simulación realizada en Dialux 4.13 a AutoCAD, con el fin de señalar correctamente las luminarias en el plano.

Posteriormente se procede a realizar el diseño en el plano eléctrico en cuestión, se marcan los circuitos (canalizaciones o trenzas), se ubican los postes, cajas, se marcan los cruces de vía etc.

Es importante mencionar que la alimentación del alumbrado público puede hacerse por medio de una red subterránea o una red aérea, generalmente se realiza de forma subterránea, por estética, sin embargo, también puede darse el caso de que se realice por medio de una red aérea, esta última opción suele ser más barata.

Todas las convenciones necesarias para realizar el plano eléctrico pueden ser encontradas en las normas técnicas para el servicio de energía de EPM [6], específicamente en la RA8-001.

Además de lo anterior, el plano eléctrico debe contener lo siguiente:

- **Cajetín:** El cajetín debe contener información inherente al proyecto tal como: Nombre del proyecto, información del propietario, información de la empresa o diseñador responsable del diseño, firma y matrícula del diseñador.
- **Diagrama Unifilar:** El diagrama unifilar es probablemente el alma del plano eléctrico, pues en este se deben evidenciar las características del circuito desde la red de media tensión hasta la conexión final en la luminaria.

- **Memorias de Cálculo:** Se debe realizar un cuadro de memorias de cálculo en donde se evidencie la carga, la corriente, la regulación parcial y acumulada de cada tramo del circuito correspondiente al proyecto.
- **Notas:** Las notas del proyecto generalmente pueden ser encontradas en los manuales de procedimiento de alumbrado público de cada municipio, generalmente son parecidas, sin embargo, difieren ligeramente según sea el municipio, pues cada municipio tiene sus requerimientos especiales.
- **Detalles:** En los detalles se representan gráficamente algunos de los materiales a utilizar en el proyecto, como por ejemplo el tipo de poste, brazo, la altura del montaje, la profundidad de enterramiento del poste, etc.
- **Cuadro de cantidades:** En el cuadro de cantidades deben estar clara la cantidad de elementos a instalar y/o retirar, tales como: postes, brazos, transformadores, luminarias, longitud de cable, cajas, etc.
- **Ubicación general del proyecto:** Se debe realizar un bosquejo pequeño en el cual se señalen puntos relevantes cercanos al proyecto, con el fin de facilitar la labor de ubicación del mismo.
- **Georreferenciación:** Se debe dejar mínimo un punto georreferenciado en el plano eléctrico, habitualmente los planos urbanísticos están georreferenciados, por lo cual se puede utilizar esa información para georreferenciar el plano.

Para el proyecto Asaí, el plano eléctrico se realiza siguiendo las recomendaciones anteriormente mencionadas. Primero exportamos el plano con la ubicación de las luminarias desde Dialux 4.13 hacia AutoCAD. Seleccionamos la opción de guardar archivo DWG o DXF, como se muestra en la Fig. 29.

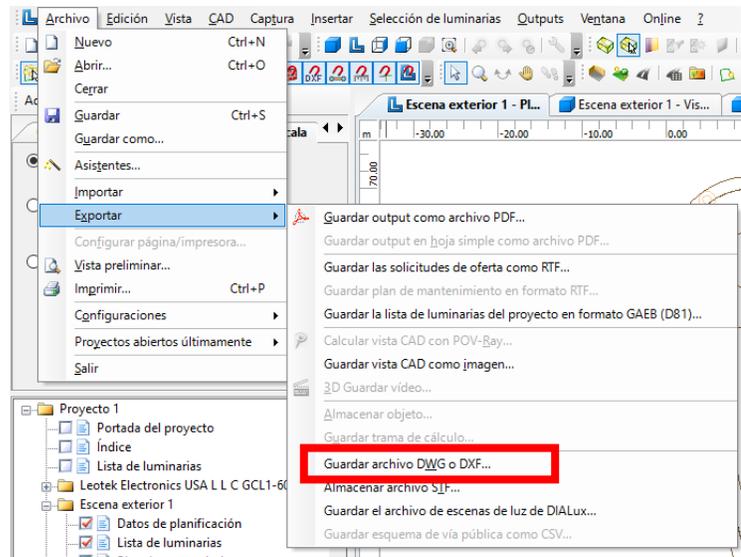


Fig. 29 Procedimiento para exportar plano a AutoCAD.

El plano que se exporta desde Dialux 4.13 hacia AutoCAD, tiene una apariencia similar a la mostrada en la Fig. 30. Se puede ver claramente en amarillo la posición de las luminarias simuladas, por lo tanto, el plano importado de Dialux 4.13, se debe sobreponer con el plano urbanístico existente. Una vez sobrepuestos, ubicamos los bloques y convenciones necesarios para representar correctamente el trazado eléctrico de acuerdo con la norma RA8-001 [6].

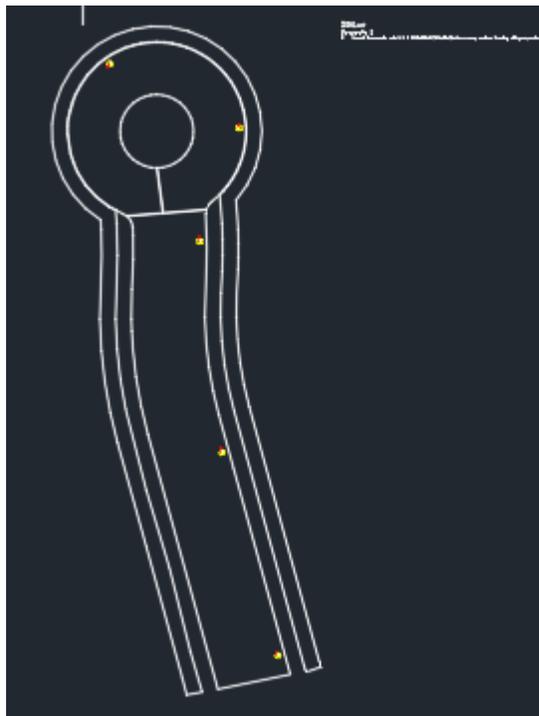


Fig. 30 Plano exportado a AutoCAD desde Dialux 4.13.

Posteriormente se realiza el trazado eléctrico con las convenciones propuestas en la norma RA8-001 [6]. En este caso en particular se logra apreciar cada una de las 5 luminarias propuestas desde la simulación. Cada una de las luminarias se alimenta por medio de una red subterránea, esta red se traza por la zona verde y por los andenes del proyecto.

Cuando se proyecta una canalización es importante tener en cuenta que el diámetro mínimo de la tubería que va canalizada es de 2 pulgadas, así lo estipula la RA8-020 [6]. En este caso, utilizamos un tubo de 2 pulgadas debido a que solo vamos a llevar 3 conductores y van a ser calibre N°8 en cobre, más adelante se explica por qué.

Cuando de canalizaciones se trata, es importante mencionar que cuando existen cruces de vía o la tubería debe atravesar una zona crítica como un puente, se debe dejar un tubo de reserva.

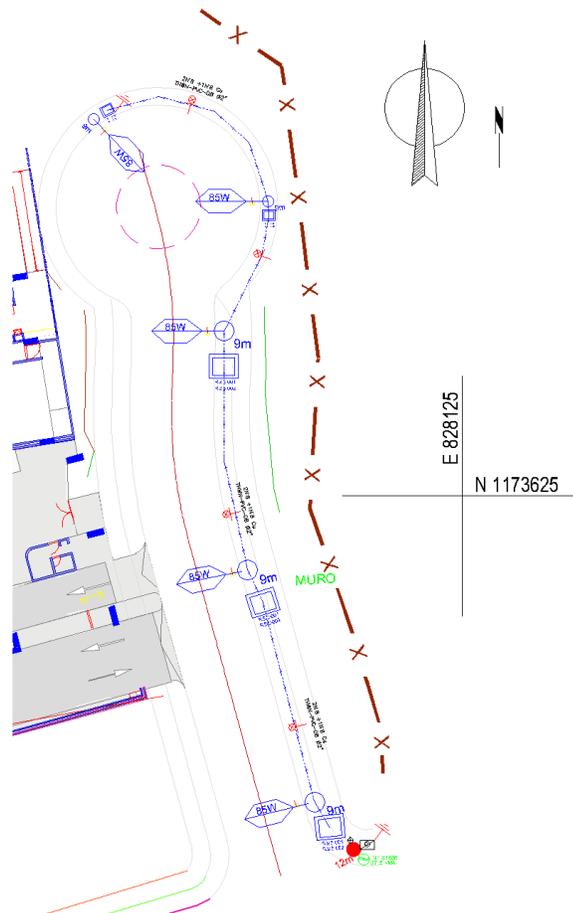


Fig. 31 Plano eléctrico finalizado.

Como se observa en la Fig. 31. cada uno de los postes debe tener una caja de paso, desde allí se realiza el empalme de la acometida principal hacia la luminaria. Habitualmente estos empalmes se hacen en calibre N°14 AWG. Cada una de las cajas debe cumplir a cabalidad con la norma RS3-001 y RS3-002 [6]. En el bloque de la luminaria debe quedar expresada la potencia a la cual opera. Finalmente, en la parte inferior de la Fig. 31. Se puede apreciar el poste existente de 12 metros, en el cual está el transformador del punto de conexión. A los pies del poste se proyecta un medidor de energía en pedestal. Este medidor, debe cumplir con las especificaciones dadas en el punto de conexión mostrado en la TABLA I. 1F-3H 240/120 V Clase 1. Todos los equipos de medida deben llevar su puesta a tierra, además, para las redes de alumbrado público se debe instalar una puesta a tierra cada 200 metros según la RA5-010 [6]. Para este caso, el proyecto no se acerca a los 200 metros de longitud, sin embargo, es apropiado dejar una puesta a tierra al final del ramal.

Una vez se construye el plano eléctrico, se procede a realizar el diagrama unifilar del circuito de alumbrado público. En este caso, el operador de red proporciona el calibre de la acometida que se construye desde el secundario del transformador hasta el medidor. En la TABLA I. se aprecia que el calibre es N°8 en Cobre con aislamiento THHN. Para el resto del circuito que recorre las cajas desde el medidor hasta la última luminaria, se debe hacer el cálculo de regulación, dicho procedimiento se explica con más detalle en la sección de memorias de cálculo.

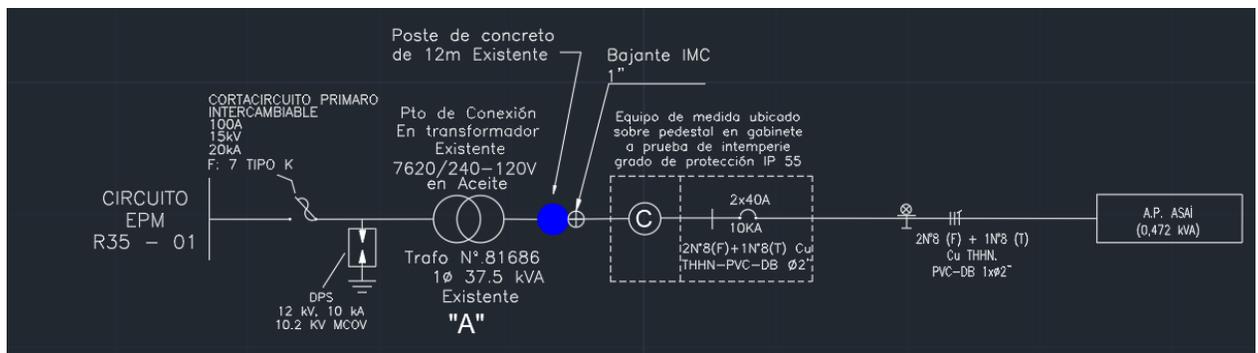


Fig. 32 Diagrama unifilar del proyecto Asaí.

Un diagrama unifilar debe contener todo el recorrido que realiza la corriente, como se muestra en la Fig. 32. Desde el circuito primario en media tensión, hasta la carga, en este caso 5 luminarias de 85W con un factor de potencia de 0,9. Cuando el proyecto de alumbrado público sea

muy grande, aproximadamente más de 100 luminarias, es recomendable hacer un análisis de armónicos para dimensionar correctamente los conductores.

Memorias de Cálculo

Las memorias de cálculo, son indispensables para verificar el cumplimiento del RETIE, en cuanto a temas de regulación se trata. Además, nos ayudan a evaluar si el diseño es energéticamente eficiente, si cumple con los estándares y ayuda a elaborar planes de mantenimiento de los conjuntos ópticos gracias al cálculo del factor de mantenimiento.

Simultáneamente a la construcción del plano eléctrico, se deben realizar las memorias de cálculo del proyecto, esto debido a que son necesarias para complementar plano eléctrico en cuestión.

Las memorias de cálculo, deben contener primordialmente los siguientes aspectos:

- Cálculos de regulación
- Cálculo de conductores
- Factor de mantenimiento y plan de mantenimiento
- Cálculo de DPEA

El cálculo del factor de mantenimiento se realiza en base a lo estipulado en la sección 430.5.1 del RETILAP [1], no es objeto de esta guía profundizar en detalle en la realización de este tipo de cálculos, sin embargo, algunos municipios por medio de su manual de procedimientos establecen un factor de mantenimiento o sugieren una ruta para hacer el cálculo.

Por otro lado, el DPEA se calcula como la relación entre la carga total conectada para el alumbrado y el área de la vía a iluminar. Una vez se realiza el cálculo, este debe ser comparado con la tabla 510.6.1 del RETILAP [1], en esta encontraremos los valores máximos de DPEA según el ancho de la vía.

El cálculo de regulación para este tipo de circuitos monofásicos se realiza en base a la siguiente fórmula, dicha fórmula puede ser encontrada en la norma RA8-017 [6].

$$\%Reg = \frac{[K * (R * fp + X * \text{sen}(\cos^{-1}(fp)) * L * I)] * 100}{V} \quad (3)$$

Donde:

V: Tensión Línea-Línea suministrada al conductor en voltios.

k: Es 2 si la fuente es monofásica o $\sqrt{3}$ si es trifásica.

L: Longitud del conductor en km.

I: Corriente de Carga Continua que fluye por cada conductor.

R: Resistencia del conductor en corriente alterna a la temperatura de trabajo y en un tipo de canalización específica por unidad de longitud en ohm/km.

X: Reactancia inductiva del conductor en un tipo de canalización específica por unidad de longitud en ohm/km.

fp: factor de potencia de la instalación.

La resistencia y reactancia de un conductor de corriente alterna puede ser tomada de la tabla 9 del capítulo 9 de la NTC 2050 [7].

Finalmente, se selecciona el calibre del conductor en base a la corriente y a la regulación que arroje dicho calibre. La selección del conductor se hace en base a la tabla 310-16 de la NTC 2050 [7].

Para el caso del proyecto Asaí, primero se elige el conductor, en base a la demanda de corriente del proyecto. Se asume factor de potencia de 0.9 para las 5 luminarias de 85W.

$$I = \frac{VA}{V} = \frac{85 * 5 / 0.9}{240} = 1.967 \text{ A} \quad (4)$$

Para dicha corriente, el calibre del cable conductor podría ser realmente bajo, sin embargo, para acometidas y redes subterráneas el calibre mínimo en cobre es N°8 AWG y el aluminio N°6 AWG. Por lo cual en este caso se selecciona el N°8 AWG en cobre.

El cálculo de regulación, teniendo en cuenta la longitud del conductor que se obtiene del plano, en este caso 75 metros, en base a la fórmula (3) el cálculo está dado por la siguiente expresión:

$$\%Reg = \frac{[2 * (2.56 * 0.9 + 0.171 * 0.4358) * 75 * 1.967] * 100}{240} \quad (5)$$

$$\%Reg = 0.2924\% \quad (6)$$

Se observa que la caída de tensión no supera el 3%, por lo cual se concluye que el cable N°8 AWG es apropiado para alimentar el ramal de luminarias.

Recomendaciones

Para finalizar el proceso de diseño del alumbrado público, es recomendable realizar un informe en donde se explique cada uno de los procedimientos llevados a cabo, y se fundamenten las decisiones que toma el diseñador durante el desarrollo del diseño. Adicionalmente, a la hora de radicar los proyectos para revisión, es recomendable adjuntar las fichas técnicas y certificados de las luminarias, postes y brazos a utilizar en el proyecto.

Por último, es oportuno mencionar que esta guía busca mencionar y en ocasiones dar ejemplo de las consideraciones necesarias para llevar a cabo un diseño de alumbrado público. Es importante recalcar que este documento debe servir de guía para el diseñador novato, sin embargo, las sugerencias aquí planteadas para realizar un diseño no constituyen una verdad absoluta, por lo cual, el diseñador debe discernir entre los elementos que le resulten o no útiles de la guía.

IV. CAPÍTULO 2: MALLAS DE PUESTA A TIERRA

Una malla de puesta a tierra es un arreglo de electrodos y conductores utilizado para conectar una instalación eléctrica o un equipo en particular a tierra de forma segura. La función principal de la malla de puesta a tierra es generar un camino de baja impedancia para que la corriente de falla fluya hacia la tierra, evitando así poner en riesgo la vida humana y animal, además de proteger de posibles daños la instalación eléctrica en cuestión.

Toda instalación eléctrica que le aplique el RETIE, excepto donde se indique expresamente lo contrario, tiene que disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), para evitar que personas en contacto con la misma, tanto en el interior como en el exterior, queden sometidas a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla. Los objetivos de un sistema de puesta a tierra (SPT) son: La seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética [8].

El artículo 15 del reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, establece un procedimiento básico sugerido para realizar un diseño de puesta a tierra. En general la presente guía de diseño de mallas de puesta a tierra busca ajustarse a las exigencias del RETIE y principalmente garantizar que la malla de puesta a tierra diseñada cumpla a cabalidad con su objetivo fundamental.

Las mallas de puesta a tierra que generalmente son objeto de diseño para la empresa IETEK INGENIERÍA, son utilizadas para subestaciones con cargas residenciales. Es por esto que el alcance de la guía se limita a el diseño de mallas de baja frecuencia para subestaciones interiores, interiores elevadas y en poste.

Una subestación en poste, es básicamente un transformador en poste. Una malla para este tipo de subestaciones puede tener cualquier forma y área desde que cumpla con el calibre de acuerdo a la corriente del transformador y con las tensiones de paso y de contacto (toque), los transformadores en poste se pueden tener una capacidad de hasta 150 kVA. Para ver el detalle de montaje de una subestación en poste ver norma de EPM RA2-026 y capítulo 24.3 del RETIE.

Una subestación interna elevada, es un transformador interno que no está en el primer piso con respecto al suelo (terreno natural) de la edificación. La malla puede tener cualquier forma y área desde que cumpla con el calibre de acuerdo a la corriente del transformador y con las tensiones de paso y de contacto (toque). Para este tipo de mallas se lleva la tierra a través de bajantes hasta el cuarto de la subestación, y los aparatos de la subestación se conectan a un barraje de tierra el cual está conectado a la malla que llega a través de los bajantes.

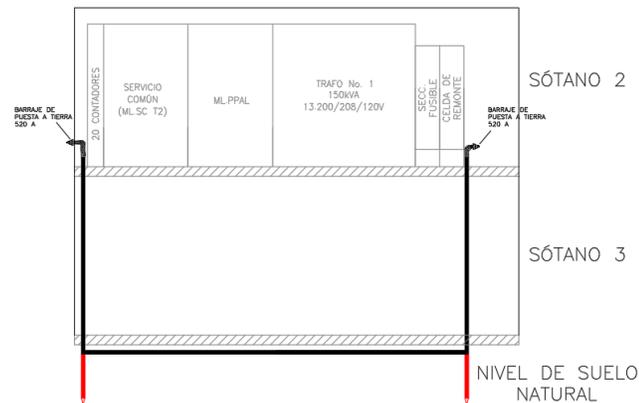


Fig. 35 Subestación interior elevada.

Diseño de Mallas de Puesta a Tierra

El diseño de una malla de puesta a tierra requiere de un alto nivel de responsabilidad y compromiso por parte del diseñador. Es importante recordar que una malla de puesta a tierra bien diseñada puede salvar vidas. Es por esto que se debe tener especial atención en cada una de las etapas del diseño. A continuación, se explica a detalle y por medio de un ejemplo, los pasos a seguir para realizar el diseño de una malla de puesta a tierra. Para realizar los cálculos de tensiones de toque y de paso se utiliza el software FdcGrdAccess y para modelar las corrientes del sistema se utiliza el software ATP Draw.

El proyecto a tener en cuenta para realizar el ejemplo de cálculo de la malla de puesta a tierra se denomina “Almendros de la Calera Torre 2”, el cual tiene una subestación interna elevada de 150kVA y un nivel de tensión 13200/208-120 V.

Documentación

El diseño de una malla de puesta a tierra debe estar precedido por la recolección de información que es indispensable para el diseño y los cálculos. Antes de iniciar la etapa de diseño de una malla de puesta a tierra es indispensable disponer de:

- Planos arquitectónicos, en donde se evidencie la ubicación y disposición de los equipos de la subestación.
- Documentación referente a la empresa o particular interesado en llevar a cabo el proyecto.
- Medidas de la resistividad del terreno en el cual se proyecta ubicar la malla de puesta a tierra.
- Punto de conexión otorgado por el operador de red, en el cual se evidencien los niveles de corto circuito y parámetros de la línea en el punto de conexión.
- Información de la subestación, idealmente se debe disponer de la ficha técnica del transformador que constituye la subestación.

En ocasiones para las subestaciones tipo poste, el operador de red no otorga los niveles de corto circuito. En estos casos en particular, si definitivamente no es posible acceder a esta información, se debe asumir que la corriente de corto es de 10kA, ya que esta es la capacidad o tolerancia de corriente de corto que tienen las cajas primarias de los transformadores en poste.

Para el caso de la malla de puesta a tierra del proyecto Almendros de la Calera Torre 2, el operador entrega los niveles de corto circuito, tal y como se aprecia en la TABLA II. Además, se realizan las medidas de resistividad del terreno y se le aplica el método Box Cox acorde con la RA6-014 [6], como se puede apreciar en la TABLA III. También se tienen a disposición los planos arquitectónicos de la subestación y de la torre, como se aprecia en la Fig. 36.

TABLA II
NIVELES DE CORTO CIRCUITO DEL PUNTO DE CONEXIÓN

Circuito	R26-04
Nivel de tensión:	13,2 kV
Corriente de falla trifásica simétrica:	5,58 kV
Corriente de falla monofásica simétrica:	4,15 kA
Corriente de falla trifásica asimétrica:	9,48 kA
Corriente de falla monofásica asimétrica:	6,95 kA
Relación X/R trifásica:	1,78
Relación X/R monofásica:	1,680
R1 Total (Ohmios):	0,6831
X1 Total (Ohmios):	1,2131
Los datos de la barra de la subestación son los siguientes:	
R1 (Ohmios):	0,0866
X1 (Ohmios):	0,5818
R0 (Ohmios):	0,0364
X0 (Ohmios):	0,6336
Adicionalmente le informamos el calibre y longitud de los conductores en la dirección del asunto:	
Tipo de cable	km.
500kCM, XLPE, 60kV, 173% aislamiento	0,000
350kCM, XLPE, 15kV, 133% aislamiento	1,132
266,8 AWG, ACSR	0,686
4/0 AWG, ACSR	0,119
1/0 AWG, ACSR	0,390
2 AWG, ACSR	0,000
4 AWG, ACSR	0,000
Corriente dinámica térmica y térmica trifásica:	kA.
Corriente térmica mínima de los TC (kA)	3,95
Corriente dinámica mínima de los TC (kA)	9,87

TABLA III
MEDIDAS DE RESISTIVIDAD

Espaciamento (m)	Ruta 1	Promedio	Box-Cox
1	54,97	54,97	21,63
2	44,32	44,32	21,63
4	33,52	33,52	21,63
6	34,28	34,28	21,63
8	30,98	30,98	21,63

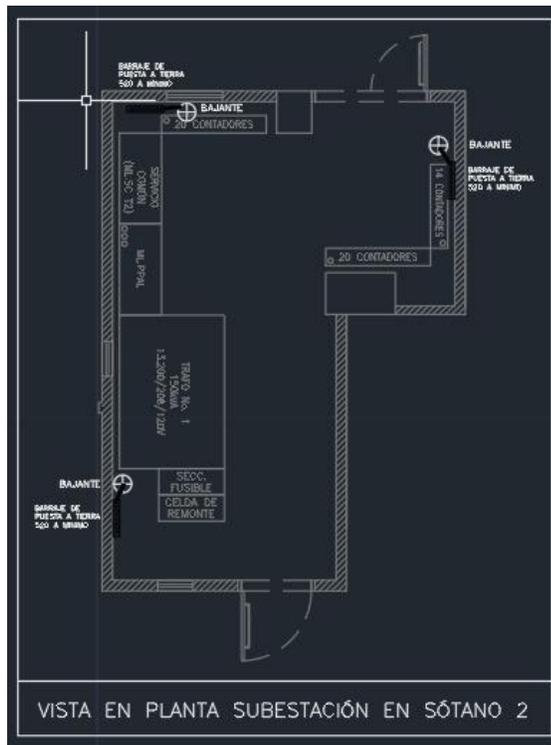


Fig. 36 Vista en planta de una subestación.

No es objeto de esta guía detallar el procedimiento para obtener las medidas de resistividad del terreno, sin embargo, la RA6-014 [6] puede ser un apoyo a la hora de aclarar dudas acerca de este procedimiento.

Cálculo del calibre de la malla de puesta a tierra

Una vez se ha recolectado la información necesaria para iniciar la etapa de diseño, se realiza el cálculo del calibre de la malla de puesta a tierra. En IETEK INGENIERÍA, de acuerdo con el artículo 15 del RETIE, el cálculo del calibre de la malla se realiza partiendo de la corriente nominal del secundario del transformador y en base a la tabla 250-94 de la NTC 2050 [9]. Es importante mencionar que el diámetro de este conductor no debe ser inferior a 50mm^2 o lo que es análogo, el calibre del conductor debe ser igual o superior a 1/0 AWG, tal y como lo establece la tabla 15.2 del RETIE [8].

Para el caso de la malla de puesta a tierra del proyecto Almendros de la Calera torre 2, el cálculo del calibre de la malla se realiza a continuación:

$$I = \frac{VA}{\sqrt{3} * V} = \frac{150000}{\sqrt{3} * 208} = 416.3584 \text{ A} \quad (6)$$

A partir de la corriente del secundario del transformador, se consulta la tabla 250-94 de la NTC 2050 [9]. En la TABLA IV. Se señala claramente como según la capacidad de corriente del alimentador (calibre), se selecciona el calibre de la puesta a tierra. Debe ser consultada a la par, la tabla 310-16 de la NTC 2050, para saber la capacidad de corriente del conductor según su calibre.

TABLA IV
TABLA 250-94 DE LA NTC 2050

Sección del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo		Sección del conductor al electrodo de tierra	
Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre
2 o menos	1/0 o menos	8	6
1 o 1/0	2/0 o 3/0	6	4
2/0 o 3/0	4/0 o 250 Kcmils	4	2
Más de 3/0 a 350Kcmils	Más de 250 Kcmils a 500 Kcmils	2	1/0
Más de 350 Kcmils a 600 Kcmils	Más de 500 Kcmils a 900 Kcmils	1/0	3/0
Más de 600 Kcmils a 1100 Kcmils	Más de 900 Kcmils a 1750 Kcmils	2/0	4/0
Más de 1100 Kcmils	Más de 1750 Kcmils	3/0	250 Kcmils

Para una corriente de 416.35 A, la sección de mayor conductor de entrada de la acometida es de 500Kcmils según la tabla 310-16 de la NTC 2050, por lo cual, según la tabla 250-94 de la NTC 2050, el calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra debe ser 1/0 AWG.

Geometría de la malla de puesta a tierra

En la siguiente etapa del diseño se debe definir la geometría de la malla de puesta a tierra. A partir de la geometría que se defina, se ingresan los datos al software de simulación. Para efectos de practicidad y simplicidad al momento de ingresar los datos al software, las mallas de puesta a tierra para subestaciones interiores se modelan de forma rectangular, para subestaciones exteriores, por practicidad se modelan de forma triangular, con un electrodo en cada vértice del triángulo.

Es recomendable que el área de la malla de puesta a tierra cubra toda la superficie de la subestación eléctrica, además, idealmente debe abarcar el área de los accesos a la subestación, con el fin de prevenir accidentes por tensiones de paso y contacto en el área de ingreso a la subestación.

Si al momento de realizar la simulación, la configuración de la malla que se proyectó no cumple con tensiones de paso y de contacto, debemos realizar un redimensionamiento del conductor de la malla y reformular la geometría de la misma.

La geometría de la malla de puesta a tierra para el proyecto Almendros de la Calera Torre 2, se muestra en la Fig. 37. La malla tiene un área de $16m^2$, con 4 metros por lado. Las dimensiones de la malla buscan abarcar la mayor parte del área de la subestación. Para este caso, la malla es elevada, por lo cual es necesaria la construcción de barrajes y bajantes que conecten los equipos a la puesta a tierra.

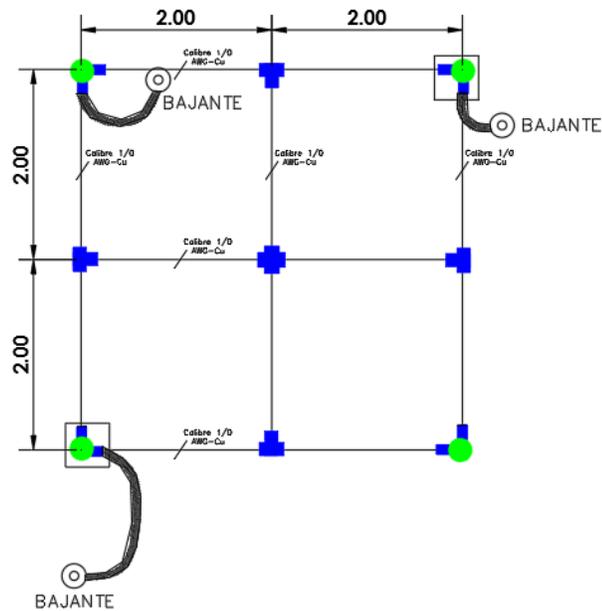


Fig. 37 Geometría de la malla de puesta a tierra.

Simulación en FdcGrdAccess y ATP Draw

El software de simulación FdcGrdAccess permite realizar la simulación de la malla de puesta a tierra, obtener la resistencia de la malla, así como las tensiones de paso y de contacto a la cual se podría ver sometida una persona según la malla propuesta. Una etapa intermedia de la simulación nos obliga a usar el software ATP Draw, con el fin de simular la magnitud de las corrientes de falla a tierra de la subestación objeto de estudio.

Para la malla de puesta a tierra del proyecto Almendros de la Calera Torre 2, se ingresa la información recolectada y calculada de la siguiente manera.

Inicialmente abrimos el software de simulación, y seleccionamos la opción “Datos”, como se muestra en la Fig. 38.

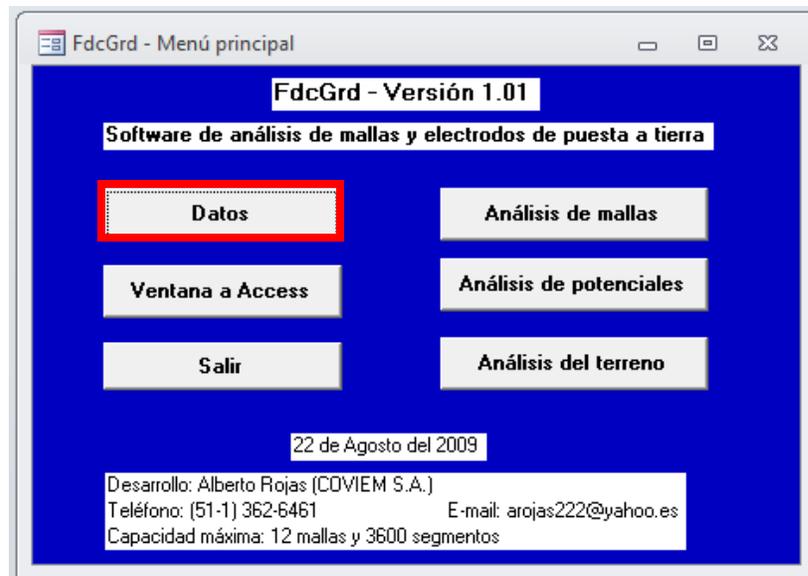


Fig. 38 Menú de inicio FdcGrdAccess.

A continuación, se despliega el menú de datos, en donde se deben realizar 2 pasos. Como se muestra en la Fig. 39.

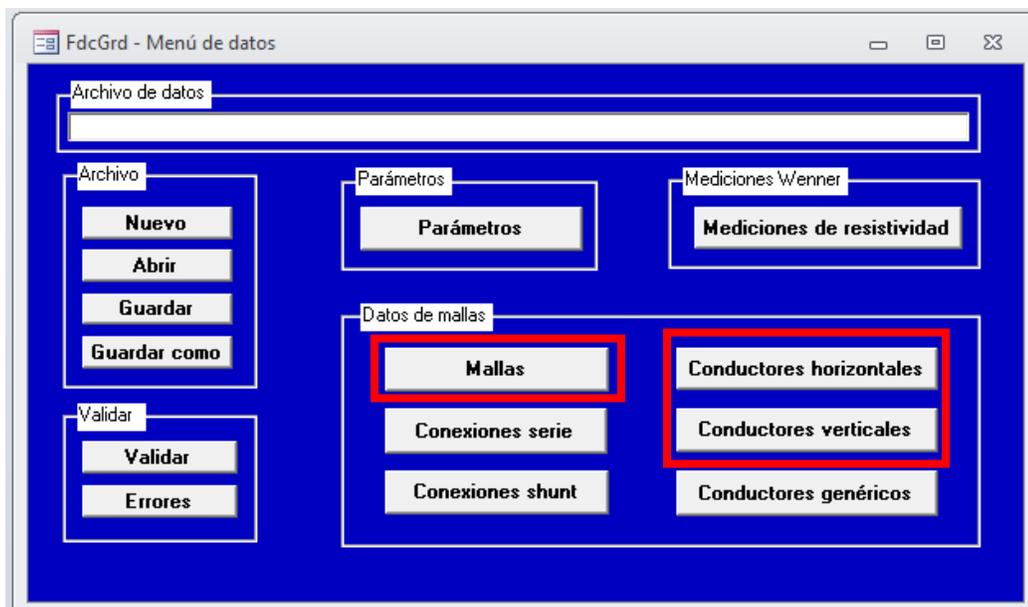


Fig. 39 Opciones de configuración de la malla.

En la opción de Mallas, se configura el amperaje de la malla en 0 amperios. Se realiza de esa forma, para calcular la resistencia de puesta a tierra de la malla sin la interacción de corrientes. El cambio de la corriente de malla se ilustra en la Fig. 40.

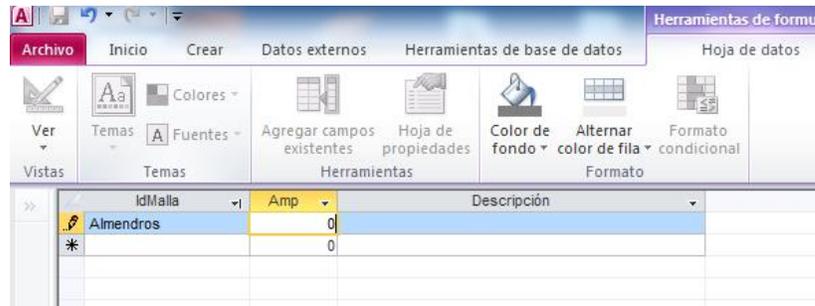


Fig. 40 Configuración de amperaje de la malla.

Se procede a cerrar la ventana y se selecciona la opción “Conductores horizontales”, ilustrada en la Fig. 39.

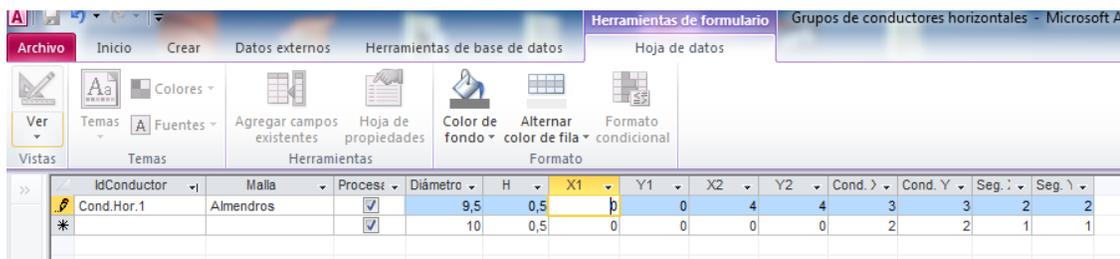


Fig. 41 Configuración de los conductores horizontales de la malla.

La opción de “Conductores horizontales”, despliega una tabla a la cual se le ingresan datos. La información que se ingresa en este apartado depende de la geometría de la malla. A continuación, por medio de un ejemplo, se indica como identificar los datos que se deben ingresar en este apartado.

Inicialmente, se asigna un nombre a la malla de puesta a tierra, en este caso “Almendros” y en la columna “Procesar”, se marcan ambas opciones.

Posteriormente, en el apartado “Diámetro”, se ingresa el diámetro del conductor de malla en milímetros, para un conductor calibre 1/0 AWG, el diámetro en milímetros es de 9.5 milímetros.

En la columna H, se ingresa la profundidad de enterramiento de la malla, en este caso, se utiliza el valor de 0.5 metros, sin embargo, esta profundidad de enterramiento puede variar entre 0.3 metros y 0.5 metros.

En las columnas X1, X2, Y1, Y2 se ingresan los datos de la coordenada de la malla, tomando como referencia un plano cartesiano. En este caso, para la malla de 4x4 metros, las coordenadas se ubican como en la Fig. 42.

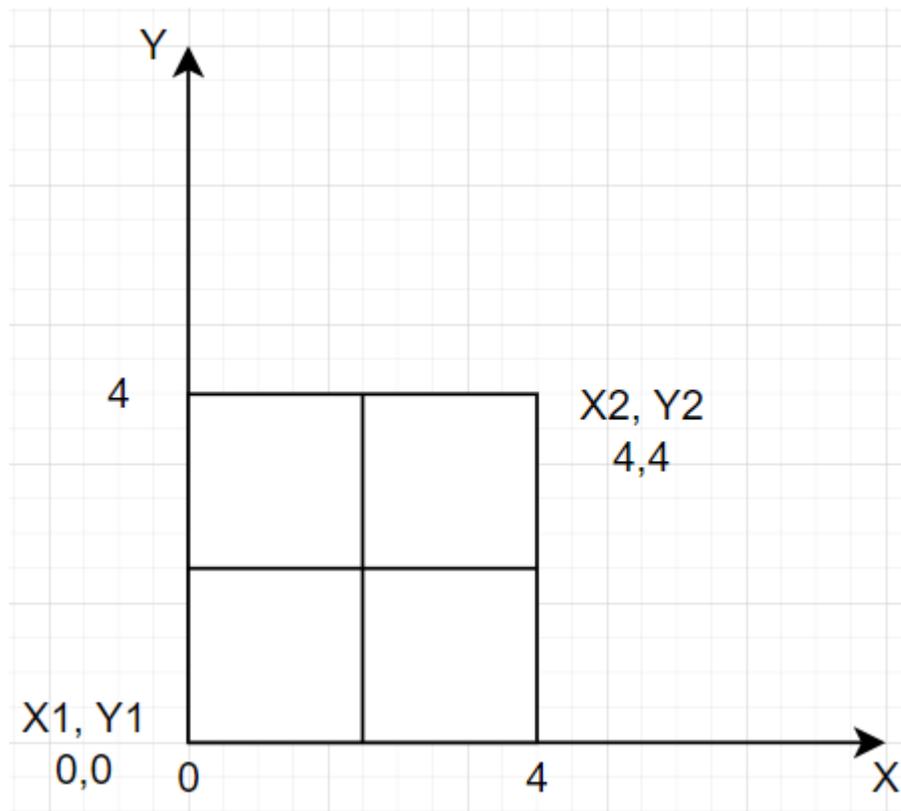


Fig. 42 Ejemplo de interpretación para el ingreso de datos a FdcGrdAccess.

Para este caso, $X1=Y1=0$ y $X2=Y2=4$.

Las columnas Cond X y Cond Y corresponden al número de conductores perpendiculares al eje. Para el caso de Cond X, hay 3 conductores perpendiculares al eje X; para Cond Y, hay 3 conductores perpendiculares al eje Y, como se puede apreciar en la Fig. 42.

Para las columnas Seg X y Seg Y, los datos a ingresar corresponden a el número de segmentos paralelos al eje. Para Seg X, existen 2 segmentos paralelos; para Seg Y, hay 2 segmentos paralelos al eje. Para finalizar cerramos la pestaña.

Ahora, para las coordenadas verticales, en el menú de opciones de la Fig. 38. Se selecciona la opción de “Coordenadas verticales”. Esta opción despliega una tabla para ingresar datos, como se puede apreciar en la Fig. 43.

IdConductor	Malla	Procesar	Diametro	Longitud	Hincial	X1	Y1	X2	Y2	Esquinas	Cond. X	Cond. Y	# Seg
Cond. Vert.1	Almendros	<input checked="" type="checkbox"/>	15,9	2,4	0,5	0	0	4	4	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	1
*		<input checked="" type="checkbox"/>	10	1	0,5	0	0	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	1

Fig. 43 Configuración de los conductores verticales de la malla.

Para este caso, en la columna Malla, Procesar, Hincial, X1, Y1, X2, Y2 se repite el procedimiento de la opción “Coordenadas horizontales”. Sin embargo, para este caso, en el apartado Diámetro, se debe indicar en milímetros el diámetro de la varilla o electrodo de puesta a tierra, generalmente y para este caso en específico es una varilla de 5/8 de pulgada, que tiene un diámetro de 15.9 milímetros.

La columna Longitud, hace referencia a la profundidad de enterramiento del electrodo, según el artículo 15 del RETIE, la longitud mínima de enterramiento para el electrodo debe ser de 2.4 metros. En este caso, tomamos 2.4 metros.

La columna esquinas, hace las veces de columna de confirmación, al marcar esta opción se está afirmando que en las esquinas geométricas de la malla se está ubicando un electrodo de puesta a tierra, para este caso en particular se marca la opción de la columna esquinas en ambas filas.

En la columna Cond X y Cond Y se marca la ubicación de un electrodo de puesta a tierra que esté por fuera de las esquinas, en este caso, todos los electrodos están en las esquinas de la malla, por lo cual se marca en 0 ambas columnas.

Por último, en la columna Segmentos, se marcan la cantidad de segmentos generados por la malla de puesta a tierra según su geometría y ubicación de los electrodos. En resumen, se refiere a la cantidad de rectángulos que forman los electrodos debido a su posición. En este caso, teniendo en cuenta que sólo se ubican electrodos en las esquinas, existe un solo segmento.

Para finalizar, cerramos la pestaña y cerramos el menú de datos. De regreso en la ventana ilustrada en la Fig. 38. Se selecciona la opción “Análisis del terreno”. A continuación, se despliega el menú de análisis de resistividad mostrado en la Fig. 44.

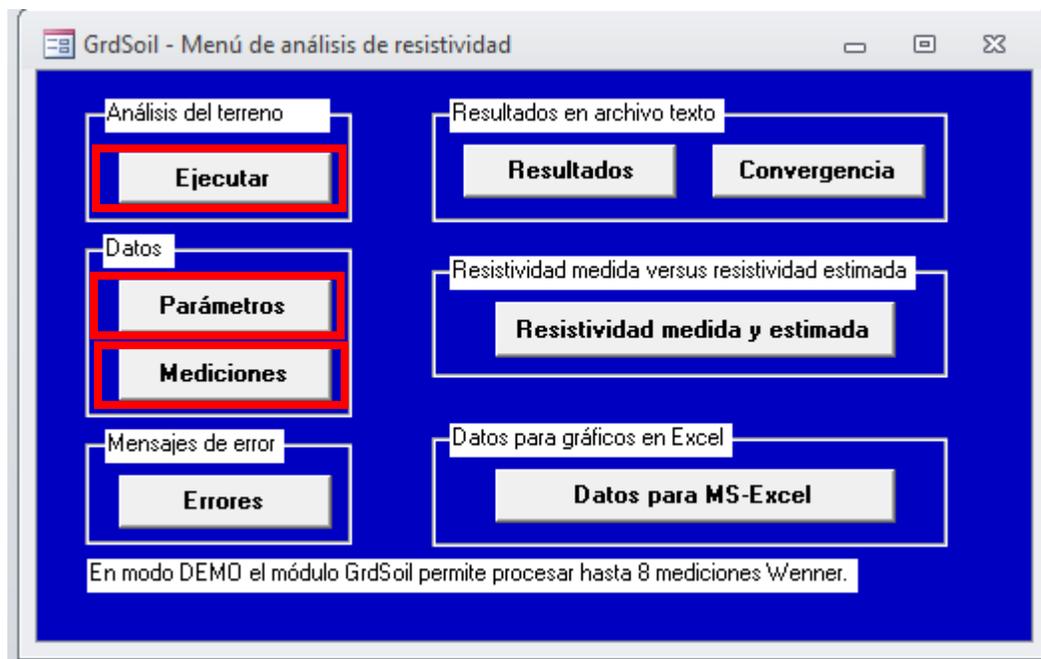


Fig. 44 Menú de análisis de resistividad.

Inicialmente se selecciona la opción “Parámetros”, aquí se edita la descripción con el objetivo de que los resultados tengan asignados el nombre del proyecto, en la Fig. 45. Se ilustra más a detalle la edición.



Fig. 45 Configuración del nombre para los parámetros.

En la pantalla de la Fig. 44. se selecciona la opción “Mediciones”, esta opción despliega la tabla de la Fig. 46. En esta tabla se ingresan los datos de resistividad promedio ilustrados en la TABLA III. Los valores se ubican de acuerdo a la separación de los electrodos durante el proceso de medición. El último valor, que aparece en 100, se deja por defecto. Para finalizar cerramos la pestaña.

Separación	Rho Med.	Procesar
1	54,9725	<input checked="" type="checkbox"/>
2	44,3245	<input checked="" type="checkbox"/>
4	33,5225	<input checked="" type="checkbox"/>
6	34,276	<input checked="" type="checkbox"/>
8	30,976	<input checked="" type="checkbox"/>
*	100	<input checked="" type="checkbox"/>

Fig. 46 Ingreso de las medidas de resistividad.

Posteriormente, de nuevo en la pantalla de la Fig. 44. Se selecciona la opción “Ejecutar”, inmediatamente el software arroja los resultados de resistividad para la primera y la segunda capa del terreno. Además, arroja el valor de la profundidad de la primera capa, si este valor no supera los 0.5 metros, se puede considerar el suelo homogéneo o de una sola capa, de lo contrario, se considera suelo de dos capas. Para el caso de ejemplo que es objeto de estudio, los resultados se aprecian en la TABLA V y la TABLA VI. Se puede afirmar que el suelo es de dos capas, porque la simulación arrojó una profundidad superior a 0.5 metros para la primera capa.

TABLA V
PARÁMETROS ESTIMADOS DEL TERRENO SEGÚN SOFTWARE

Parámetros estimados	
Resistividad 1ra capa:	15,51 Ohm-m
Resistividad 2da capa:	100,00 Ohm-m
Profundidad 1ra capa:	1,845 m

TABLA VI
RESISTIVIDAD ESTIMADA SEGÚN SOFTWARE

Med. No.	Separación metros	Medido Ohm-m	Estimado Ohm-m	Dif(%)
1	1	54,97	16,72	-69,58
2	2	44,32	21,53	-51,43
3	4	33,52	33,75	0,69
4	6	34,28	43,94	28,20
5	8	30,98	51,96	67,75

De nuevo en la opción “Parámetros”, en la pestaña malla, se ingresa la información que arrojó la simulación. Se selecciona el suelo de dos capas y se ingresan las resistividades y la profundidad de la primera capa, la configuración se ilustra en la Fig. 47.

Parametros

Mallas Potenciales Resistividad Editor

Descripción
Almendros Torre 2

Modelo del terreno

Tipo 2 Capas

Rho1 15.51 Ohm-m

Rho2 100 Ohm-m

H 1.845 metros

Memo

Nota

Los datos de este formulario son utilizados por el módulo GridGrid para calcular la resistencia de puesta a tierra y la corriente dispersada a tierra por los segmentos de las mallas o electrodos.

Fig. 47 Configuración de los parámetros de resistividad para el análisis de malla.

A continuación, se selecciona la pestaña “Potenciales”, en esta pestaña se edita el dato de “Altura”, este valor se refiere a la altura que tiene la capa superficial de material que habitualmente se coloca sobre la malla de puesta a tierra, en este caso son 0.3 metros. La opción de “Rho Capa”, se refiere a la resistividad de la capa superficial de material que se coloca sobre la malla, generalmente es cemento o gravilla, para este caso es gravilla, con una resistividad aproximada de 2500 ohm/metro. Finalmente en “Rho terreno” se asigna la resistividad de la primera capa que arroja la simulación. En la Fig. 48. Se aprecia los valores que se deben ingresar en este paso.

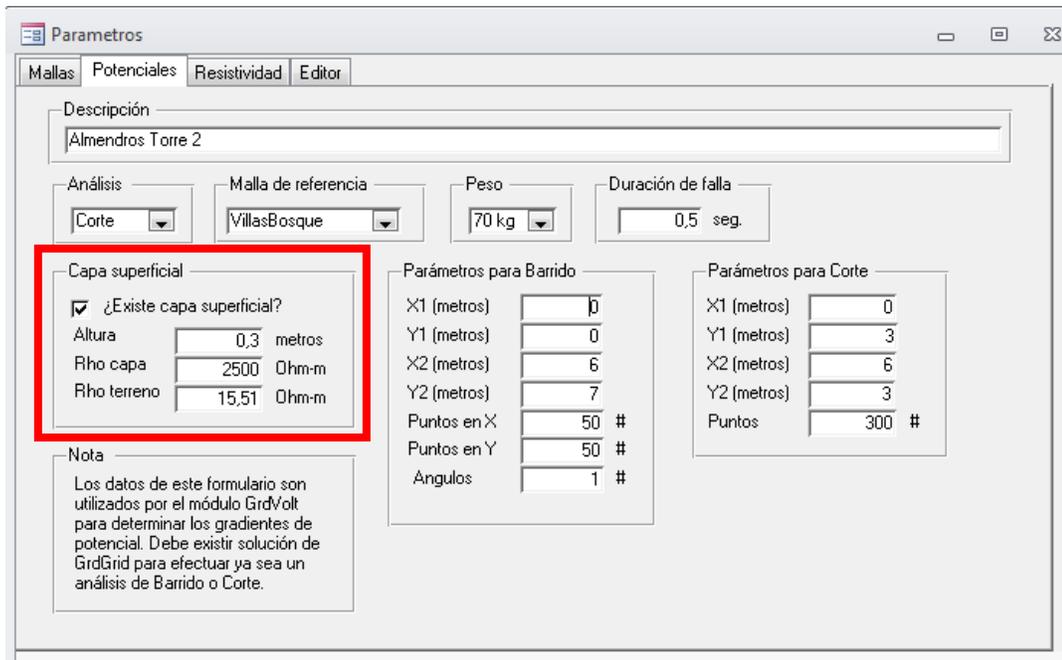


Fig. 48 Configuración de la malla para el análisis de potenciales.

Posteriormente seleccionamos la pestaña “Resistividad”, en esta pestaña simplemente se ingresan los datos obtenidos en la simulación. En la Fig. 49. Se aprecia los valores que se deben ingresar en este paso.

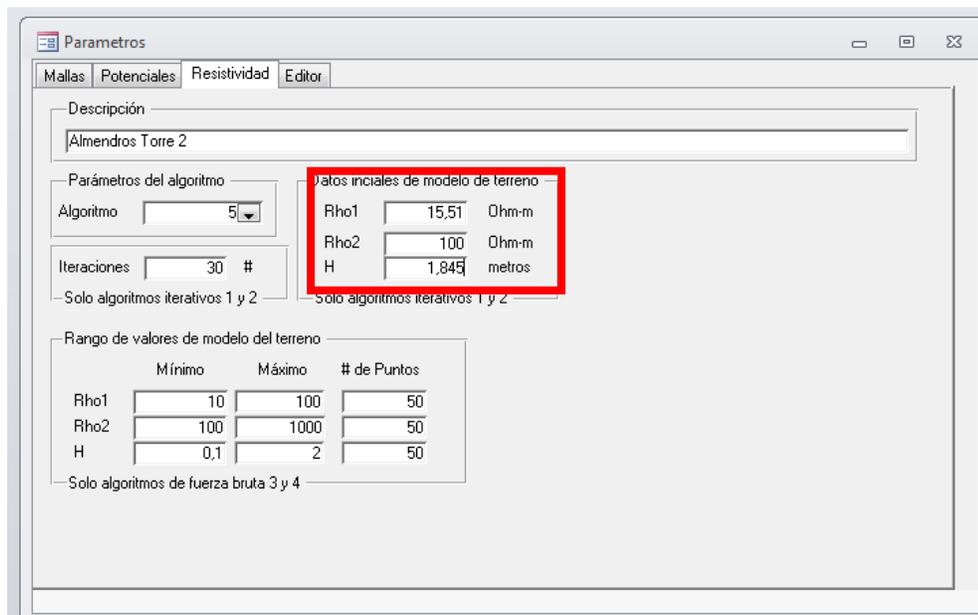


Fig. 49 Configuración de los datos del terreno.

El proceso, hasta esta etapa se finaliza cerrando las pestañas y regresando hasta la pantalla de la Fig. 38. En esta pantalla se selecciona la opción de “análisis de mallas”, esta opción despliega el menú de la Fig. 50. Finalmente seleccionamos “Ejecutar”.

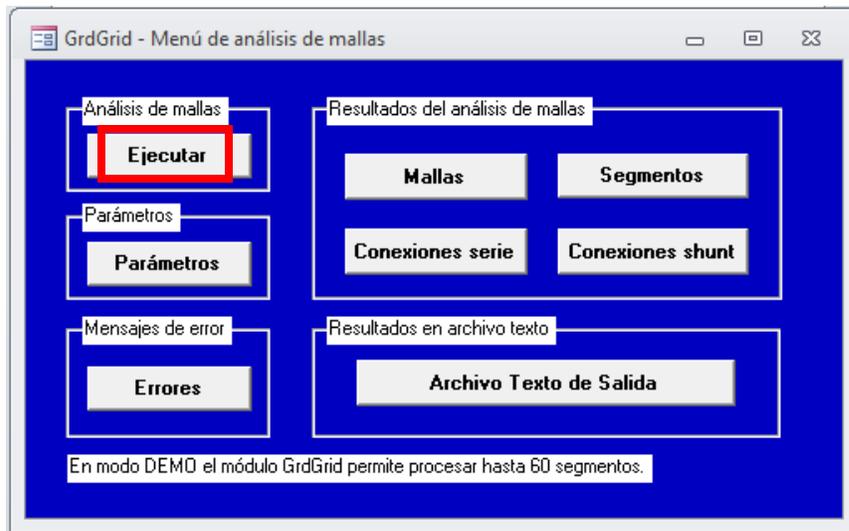


Fig. 50 Ejecutar análisis de mallas.

En este paso el software de simulación, obtiene el valor de la resistencia de puesta a tierra sin corriente, como se puede evidenciar en la TABLA VII. Este valor de resistencia de puesta a tierra sin corriente sirve para modelar el comportamiento del sistema por medio de ATP Draw. El valor de esta resistencia de puesta a tierra, debe ser igual o inferior a 10 ohm, tal y como lo establece la tabla 15.4 del RETIE [8]. En caso de que el valor de resistencia de puesta a tierra sea superior a 10 ohm se debe rediseñar la malla y buscar otras alternativas en cuanto a la geometría. Si definitivamente la resistencia de puesta a tierra no baja ante ninguna de las opciones replanteadas, se debe realizar un tratamiento del suelo.

TABLA VII
RESISTENCIA DEL TERRENO SIN CORRIENTE

Voltios No. IdMalla Tensión	Ohmios		Amperios	
	Parcial	Total	Inyectados	Disipados
1. Almendros 0.0	2,9432	2,9432	0,0	0,0

Después de hallar la resistencia de puesta a tierra sin corriente, se procede a realizar la simulación el ATP Draw, el objetivo de esta simulación es determinar el caso más crítico de corriente de falla a la cual se puede ver sometida la malla. A su vez esto permite calcular el GPR, que es la máxima elevación del potencial de una puesta a tierra, respecto a una tierra remota. Finalmente, con este dato, el software puede calcular las tensiones de paso y contacto para la malla.

Para la simulación en ATP Draw, se debe utilizar un modelo PI o circuito equivalente de una red de transmisión. Para el caso de IETEK INGENIERÍA, se cuenta con un archivo base denominado “mallastanza”, al abrir este archivo se puede observar con claridad el modelo PI de una red de distribución con una conexión a tierra. En la Fig. 51. Se puede evidenciar la disposición del modelo PI, el cual se utiliza para simular las corrientes de falla en el sistema.

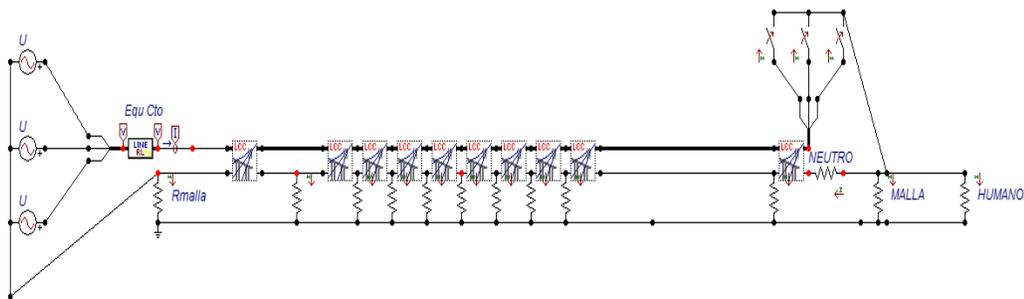


Fig. 51 Modelo PI en ATP Draw.

Se modifica el modelo PI, primero, el bloque denominado LCC, que son los parámetros de la línea de transmisión. Se cambia la longitud y a continuación se selecciona “Ok”. La longitud de la línea la otorga el operador de red en el punto de conexión. En la Fig. 37. Se puede apreciar con claridad la longitud de la línea. El resto de información que aparece en la Fig. 58. Se deja por defecto.

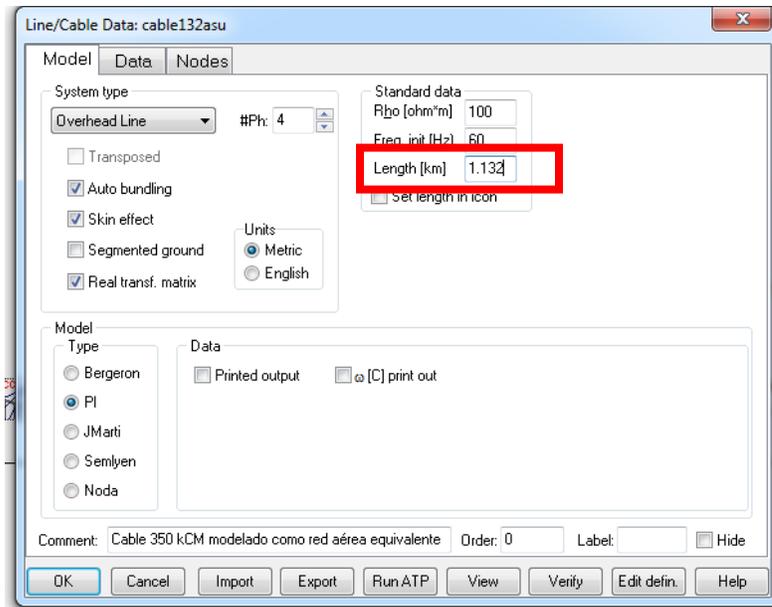


Fig. 52 Configuración de la longitud de la línea.

El circuito equivalente, en el bloque Line RL, son los parámetros del circuito equivalente. Estos parámetros los otorga el operador de red, en la TABLA II. Se puede apreciar con claridad la información que debemos ingresar en la pantalla de la Fig. 53.

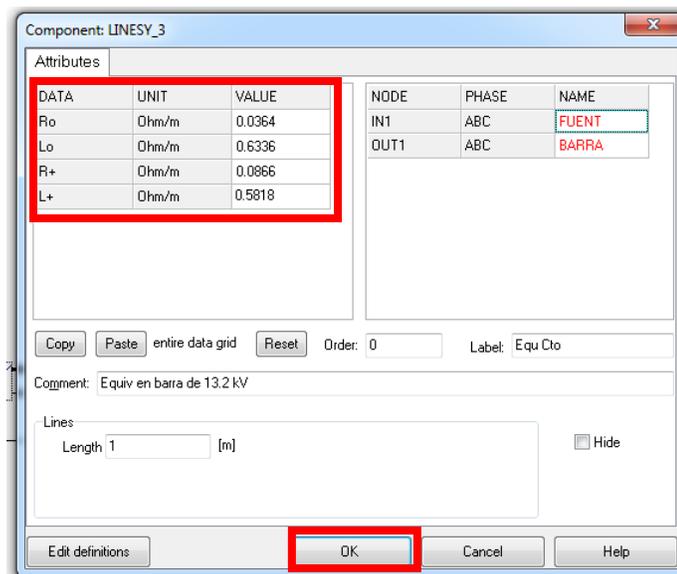


Fig. 53 Configuración de impedancias de la línea.

A continuación, en el bloque del modelo Rmalla, se pone el valor de 100000 ohm. Este valor se pone con el objetivo de simular el caso más extremo o malo posible, ya que una resistencia de malla alta genera que, ante una situación de falla, el camino de más baja impedancia no sea la malla de puesta a tierra, es por esto que se considera el caso más crítico. En la Fig. 54. Se aprecia con claridad el procedimiento a seguir.

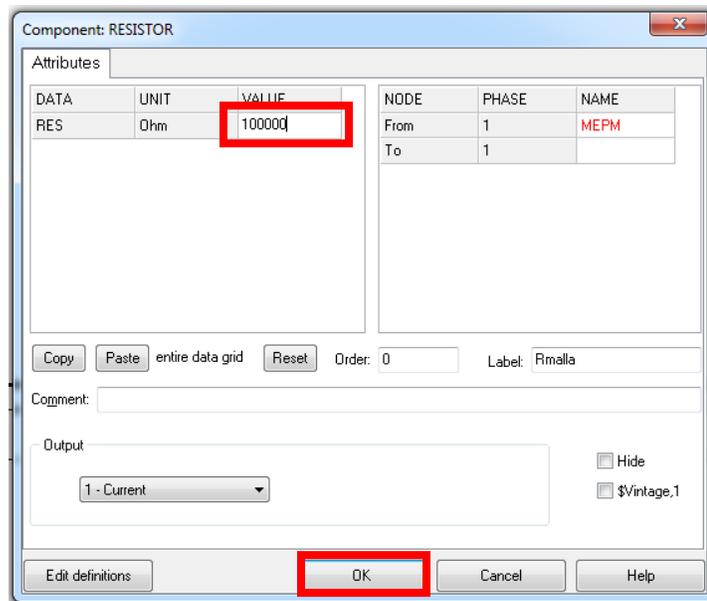


Fig. 54 Resistencia de puesta a tierra del sistema.

Una vez configurados los anteriores parámetros, se ejecuta el ATP Draw. Primero se selecciona Run ATP, luego Run Plot. En la Fig. 55. Se indica como realizar este proceso.

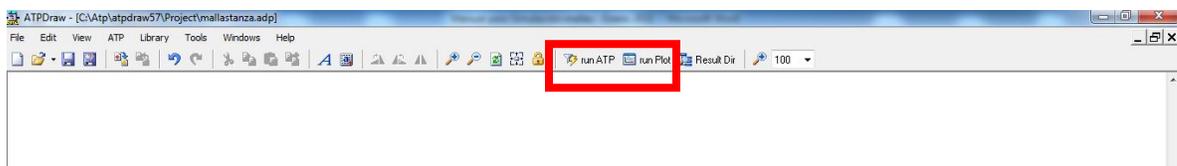


Fig. 55 Ejecutar cálculos en ATP Draw.

Después de seleccionar Run Plot, se despliega la ventana mostrada en la Fig. 56. En la columna de variables se selecciona FALLAC-TIERRA, TIERRA-NEUTRO, TIERRA-. A continuación, se selecciona la opción "Plot".

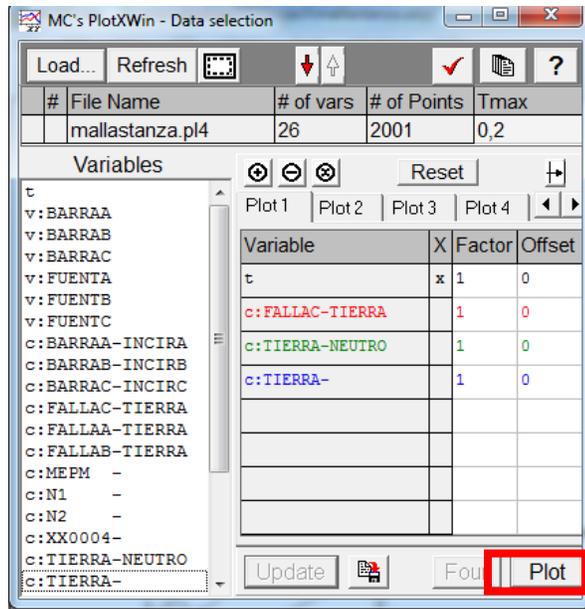


Fig. 56 Selección de variables de interés en ATP Draw.

A continuación, se despliega la gráfica de las corrientes seleccionadas. En la gráfica, se selecciona el recuadro señalado en la Fig. 57. El objetivo es poder visualizar la magnitud del pico de la corriente en la tercera oscilación, ya que en este punto podemos considerar que la corriente es estable. El valor de la corriente FALLAC-TIERRA debe ser análogo a la corriente de falla trifásica simétrica que otorga el operador de red en el punto de conexión. En la TABLA II. Se puede apreciar el valor de la corriente de falla trifásica simétrica.

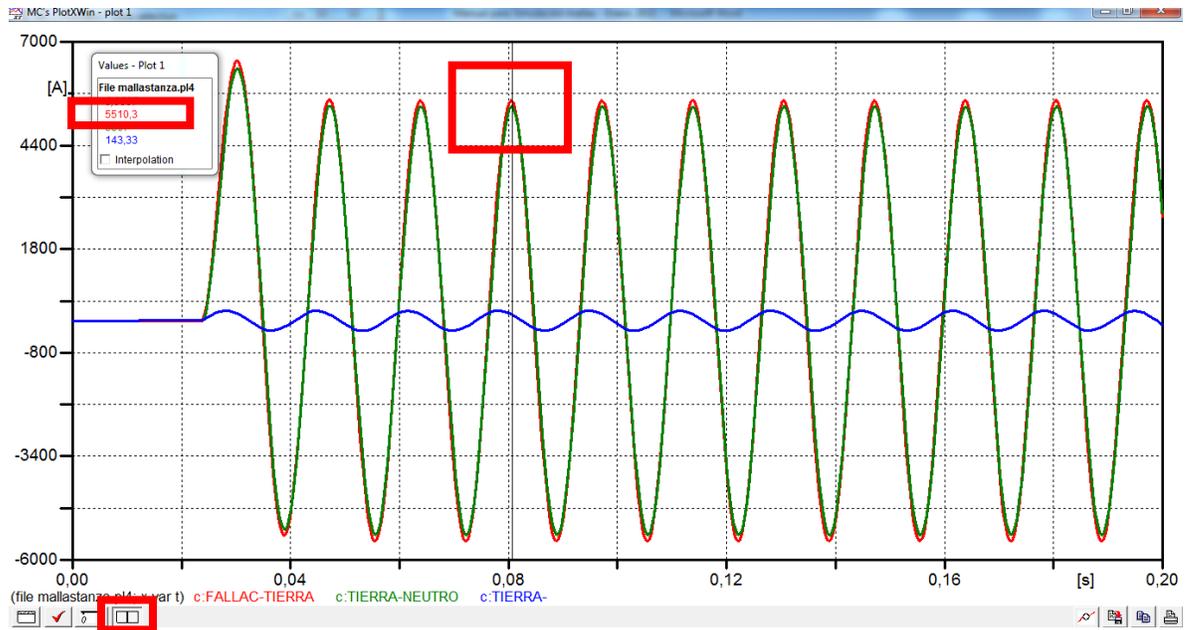


Fig. 57 Corrientes de interés en ATP Draw.

En la Fig. 57. Se puede apreciar que la corriente FALLAC-TIERRA, que representa la corriente de falla trifásica simétrica es análogo al valor que entrega el operador de red en la TABLA II. Es importante que el valor que arroja el ATP, y el valor que entrega el operador de red sea aproximadamente el mismo, esto indica que el modelo de la red hecho en ATP se aproxima al real y es apto para simular. Si la corriente de la simulación está muy alejada del valor entregado por el operador de red, se añaden o se quitan bloques LCC al modelo PI del ATP Draw. Los bloques que se aumentan o se reducen se muestran en la Fig. 58.

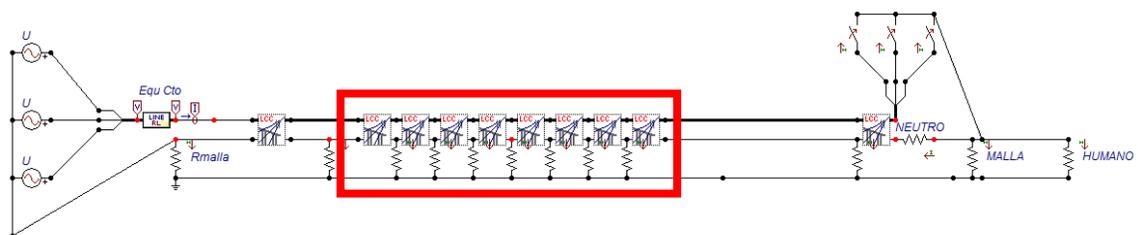


Fig. 58 Bloques LCC en ATP Draw.

Una vez se ajuste el modelo. El parámetro de Rmalla se cambia por el valor obtenido en la simulación de FdcGrdAccess, en la TABLA VII. Se puede evidenciar el valor de la resistencia de puesta a tierra sin corriente.

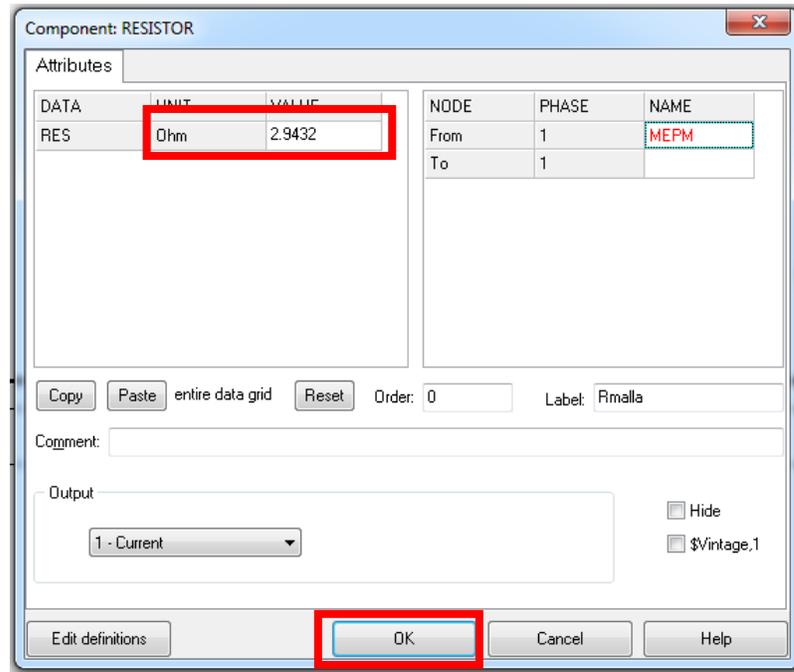


Fig. 59 Configuración del valor de resistencia de puesta a tierra de la malla.

Finalmente se simula de nuevo el modelo PI de ATP Draw, se plotean las 3 corrientes de nuevo y, en este caso la corriente TIERRA-c cambiamos el factor de 1 a 1,32. Este es un factor de sobredimensionamiento recomendado. En la Fig. 60. Se puede apreciar este procedimiento.

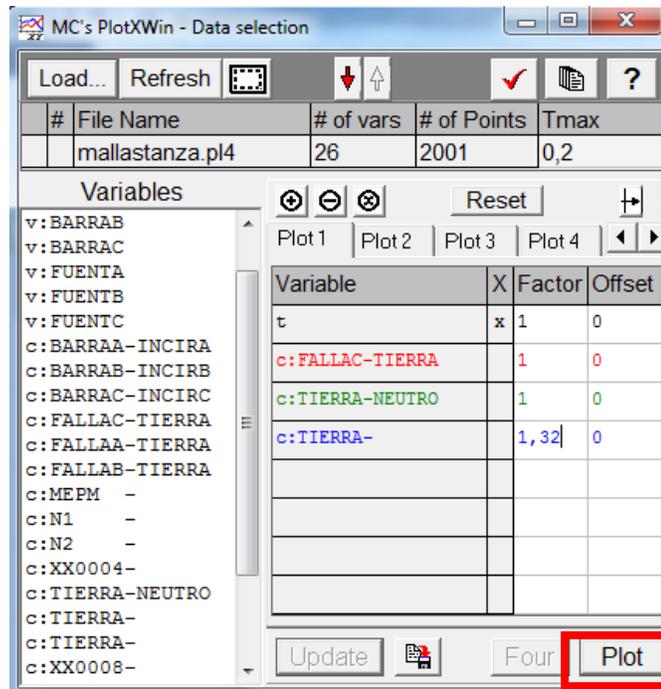


Fig. 60 Configuración del factor de sobredimensionamiento.

Una vez se grafiquen las corrientes, se toma el valor pico de estado estable de la corriente TIERRA-, en la Fig. 61. Se representa en color azul la corriente mencionada.

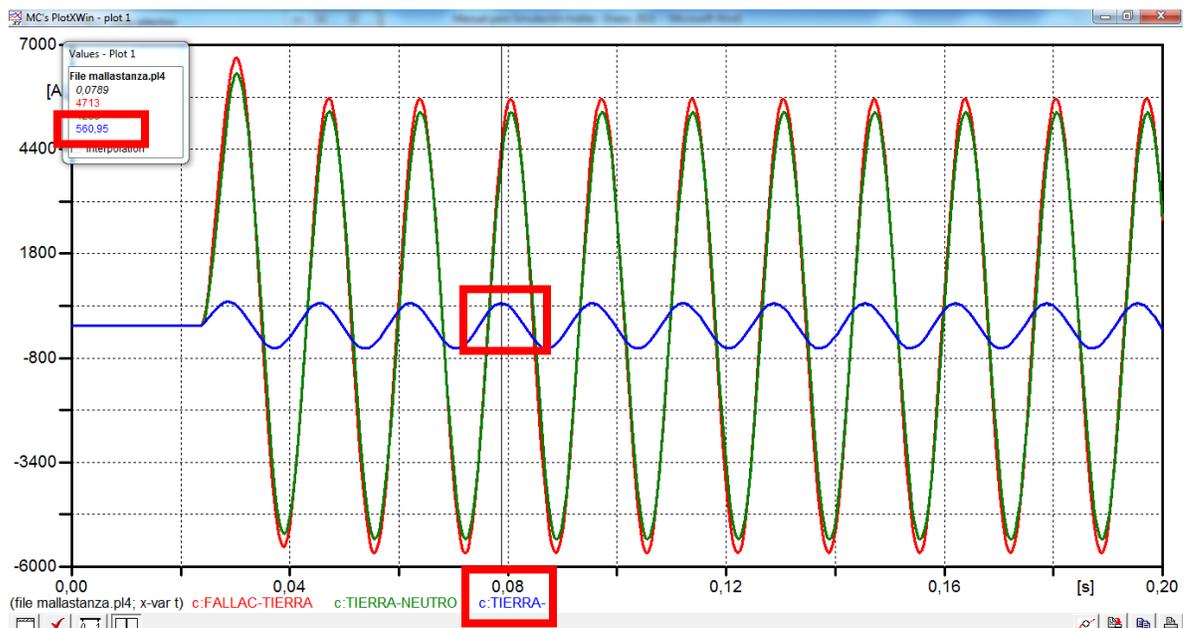


Fig. 61 Corriente de falla a tierra.

Con este valor de corriente, en el software FdcGrdAccess, y en la pantalla de la Fig. 40. Reemplazamos el valor de 0 por el de la corriente TIERRA-, tal cual aparece en la Fig. 62.



Fig. 62 Configuración de la corriente de falla en FdcGrdAccess.

Luego, vamos a la pantalla de análisis de malla y ejecutamos de nuevo, tal como aparece en la Fig. 50. El software realiza la simulación y nos arroja el valor de GPR, tal y como se muestra en la Fig. 63.

```

Almendros Torre 2

Terreno de dos capas
- Resistividad 1ra capa: 15.51 Ohm-m
- Resistividad 2da capa: 100.00 Ohm-m
- Profundidad 1ra capa: 1.845 m
    
```

		Ohmios		Amperios	
Voltios	No. IdMalla	Parcial	Total	Inyectados	Disipados
Tension					
1651.0	1 Almendros	2.9432	2.9432	561.0	560.9

Fig. 63 GPR de la malla.

Una vez se obtiene el GPR, se debe realizar un análisis de potenciales en el software. En la pantalla de la Fig. 38. Se selecciona la opción de análisis de potenciales, luego, se selecciona la opción de “Parámetros”, como se muestra en la Fig. 64.

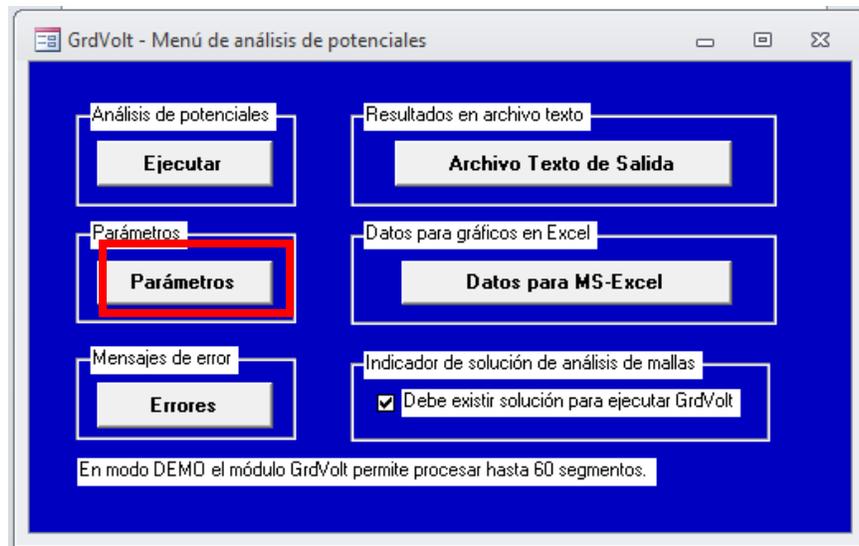


Fig. 64 Menú de análisis de potenciales.

A continuación, en la pestaña potenciales, se configuran las pruebas que se deben realizar a la malla, para verificar las tensiones de paso y de toque. Inicialmente se selecciona la opción de barrido, y se configuran los parámetros del barrido. Es recomendable delimitar un área de barrido más grande que el área de la malla, para apreciar de mejor manera el comportamiento de las tensiones. En la Fig. 65. Se puede apreciar la configuración a realizar para generar el barrido. En el apartado parámetros para el corte, se pueden modificar las coordenadas para trazar una línea recta encima de la superficie de la malla, para observar cómo se comporta el potencial en ese recorrido de la línea. Los parámetros de puntos y ángulos se dejan por defecto.

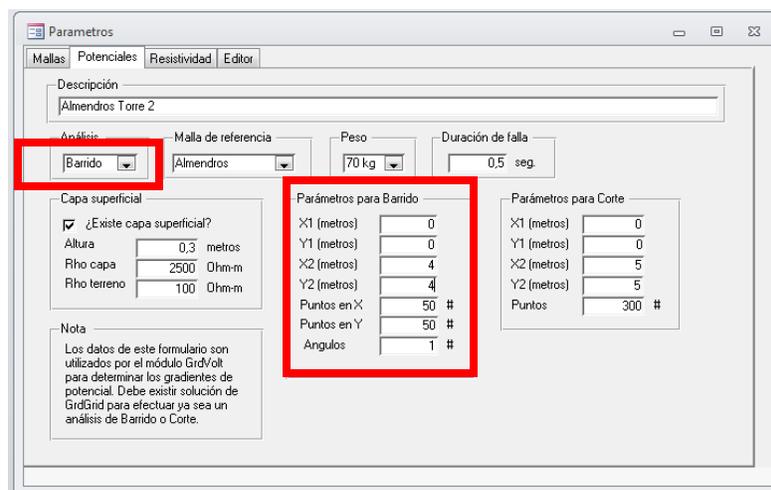


Fig. 65 Configuración de los parámetros del barrido.

Finalmente cerramos la pestaña, y en la pantalla de la Fig. 64. Se selecciona la opción ejecutar. El software arroja los resultados de voltajes de paso y de toque máximos que hay en el barrido y los máximos de permitidos. Si los máximos del barrido están por debajo de los máximos permitidos, la malla de puesta a tierra cumple y se finaliza el diseño.

```

Almendros Torre 2
Terreno de dos capas
- Resistividad 1ra capa: 15.51 Ohm-m
- Resistividad 2da capa: 100.00 Ohm-m
- Profundidad 1ra capa: 1.845 m

Existe capa superficial
- Resistividad de terreno : 100.00 Ohm-m
- Resistividad de capa superficial: 2500.00 Ohm-m
- Altura de la capa superficial : 0.30 m

Tensiones limites de toque y paso
- Peso minimo de una persona: 70 kg
- Duracion de la falla : 0.500 seg
- Tension de toque limite : 939.8 V ANSI 1986
- Tension de paso limite : 3093.2 V ANSI 1986
- Tension de toque limite : 963.4 V ANSI 2000
- Tension de paso limite : 3187.4 V ANSI 2000

Barrido de potenciales en el area:
X1: 0.00 m Y1: 0.00 m Puntos en X: 50
X2: 4.00 m Y2: 4.00 m Puntos en Y: 50

Resultados del barrido:
- Vmalla (GPR): 1651.0 V
- Vmax terreno: 1577.2 V X: 1.96 m Y: 2.04 m
- Vmin terreno: 1405.0 V X: 0.00 m Y: 0.00 m
- Vmax toque : 246.0 V X: 0.00 m Y: 0.00 m (limites: 939.8 V ANSI 1986 963.4 V ANSI 2000)
- Vmax paso : 140.2 V X: 0.00 m Y: 0.08 m (limites: 3093.2 V ANSI 1986 3187.4 V ANSI 2000)

TSEG: 0.400

```

Fig. 66 Resultados de tensiones de toque y de paso.

Una vez finalizado el proceso de diseño, es recomendable construir un plano en AutoCAD con las especificaciones de la malla, un plano constructivo para orientar al ejecutor del proyecto. En el plano eléctrico deben especificarse el tipo de uniones y soldaduras que componen la malla, además de la ubicación en el plano de la misma. La Fig. 67 ilustra como debe ser un plano para una malla de puesta a tierra.

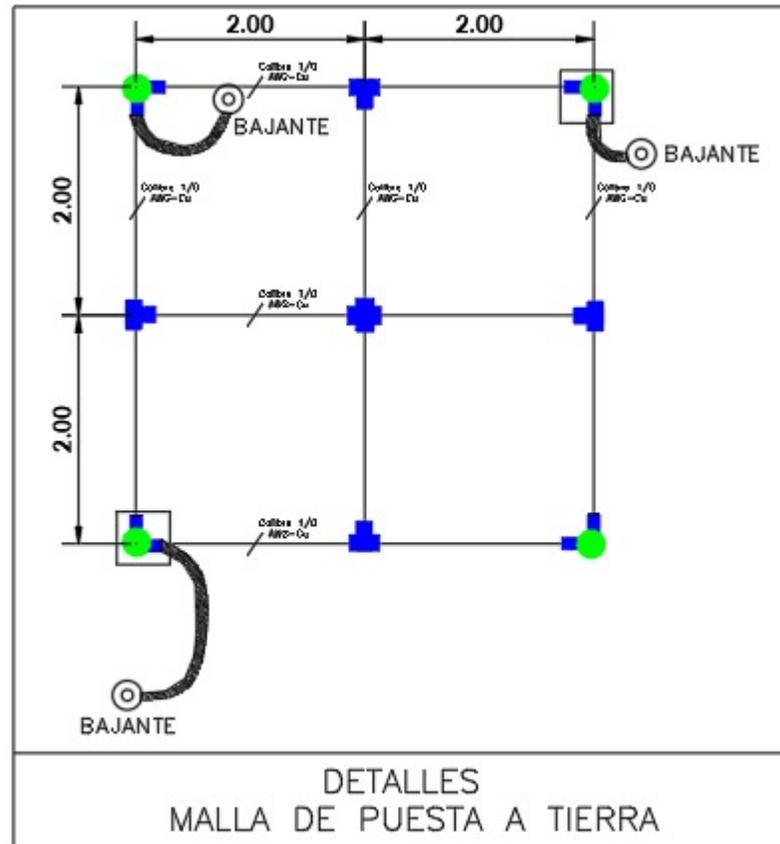


Fig. 67 Plano de la malla de puesta a tierra.

Es importante recalcar que esta guía de diseño de mallas aplica para los procedimientos llevados a cabo en la empresa IETEK INGENIERÍA S.A.S, para realizar un diseño de malla de puesta a tierra existen diversos caminos, por lo cual el diseñador es libre de indagar acerca de nuevas técnicas que le permitan optimizar el tiempo empleado en el diseño.

Graficas de los potenciales.

Para finalizar el proceso de diseño, se grafican los resultados obtenidos por medio de Microsoft Excel, en estos se podrá identificar la magnitud de las tensiones de paso y de contacto en la superficie de la malla.

V. CAPITULO 3: REDES INTERNAS DE ENERGÍA

Las redes internas, son las encargadas de llevar la energía al usuario final. Realizan un diseño apropiado de redes internas, garantiza que el usuario final tenga un acceso seguro a la energía eléctrica.

Una instalación interna es el conjunto de redes, accesorios y equipos que integran el sistema de suministro de energía eléctrica al inmueble a partir del medidor. Para edificios de propiedad horizontal o condominios, y en general, para Unidades Inmobiliarias Cerradas, es aquel sistema de suministro de energía eléctrica al inmueble a partir del registro de corte general cuando lo hubiere [10].

Para el diseño de una red interna, es importante considerar diversos factores como el calibre del conductor, la regulación, la protección, la carga del circuito, etc. Además, se deben tener en cuenta las indicaciones establecidas en el RETIE y la NTC 2050 para este tipo de instalaciones.

La guía de diseño de redes internas se enfoca en ilustrar las consideraciones necesarias para construir un plano eléctrico de una instalación eléctrica de uso residencial. Esto debido a que, en IETEK INGENIERÍA, el diseño de redes internas está enfocado en instalaciones residenciales.

El presente capítulo de diseño de redes internas, se desarrolla a la par con un ejemplo, el objetivo principal es que, a partir del diseño eléctrico de un apartamento pequeño, se expliquen las consideraciones a tener en cuenta en cada una de las zonas que conforman el apartamento, estas consideraciones son generales y aplican para cualquier otra instalación de redes de usuario final residencial.

Para la presente guía, se considera un apartamento pequeño, de $55m^2$. Cuenta con 3 alcobas, 2 baños, zona de ropas, cocina, sala y balcón. A continuación, se muestran las etapas que se deben seguir para realizar de manera eficaz el diseño.

Documentación

Antes de iniciar con el proceso de diseño, es importante disponer de la siguiente documentación:

- Plano arquitectónico del inmueble en donde se evidencie claramente la ubicación de todo el mobiliario.
- Plano de redes de acueducto y gas, si existe.
- Identificación de equipos especiales, si existen. Se consideran como equipos especiales hornos, duchas, etc.
- Información del cliente.
- Tipo de techo, si lleva o no cielo falso.

Plano Eléctrico

Una vez se recopila la documentación necesaria, se procede a ubicar salidas eléctricas en el plano eléctrico, de acuerdo con las normas NTC 2050, RETIE y el criterio del diseñador.

Inicialmente se debe limpiar el plano arquitectónico, de tal forma que sólo quede consignado en él la información útil para el diseño eléctrico, además, lo ideal es configurar el AutoCAD de tal forma que resalten los elementos eléctricos.

Una vez se ubiquen las salidas eléctricas se alambra el plano y por último se realizan las memorias de cálculo para verificar la regulación de los circuitos, además se dimensionan las protecciones y se realiza un cuadro de cargas para distribuir y balancear los circuitos.

Es importante mencionar que un diseño eléctrico nuevo para redes internas en general, debe contar con memorias de cálculo de la A hasta la W, según indica el RETIE, sin embargo, no es objeto de esta guía orientar en la construcción de las memorias; simplemente, se busca indicar como realizar el plano eléctrico adecuadamente para que un oficial eléctrico pueda identificar adecuadamente como construir la instalación.

Para el ejemplo práctico, se disponen de planos arquitectónicos, además se conoce que el tablero de protecciones del apartamento tiene capacidad para alojar hasta 8 circuitos. También se conoce la posición del mobiliario de las cocinas, también se conoce que no hay cielo falso, por lo cual la iluminación queda embebida en la losa del edificio. El apartamento en cuestión se ilustra en la Fig. 68.

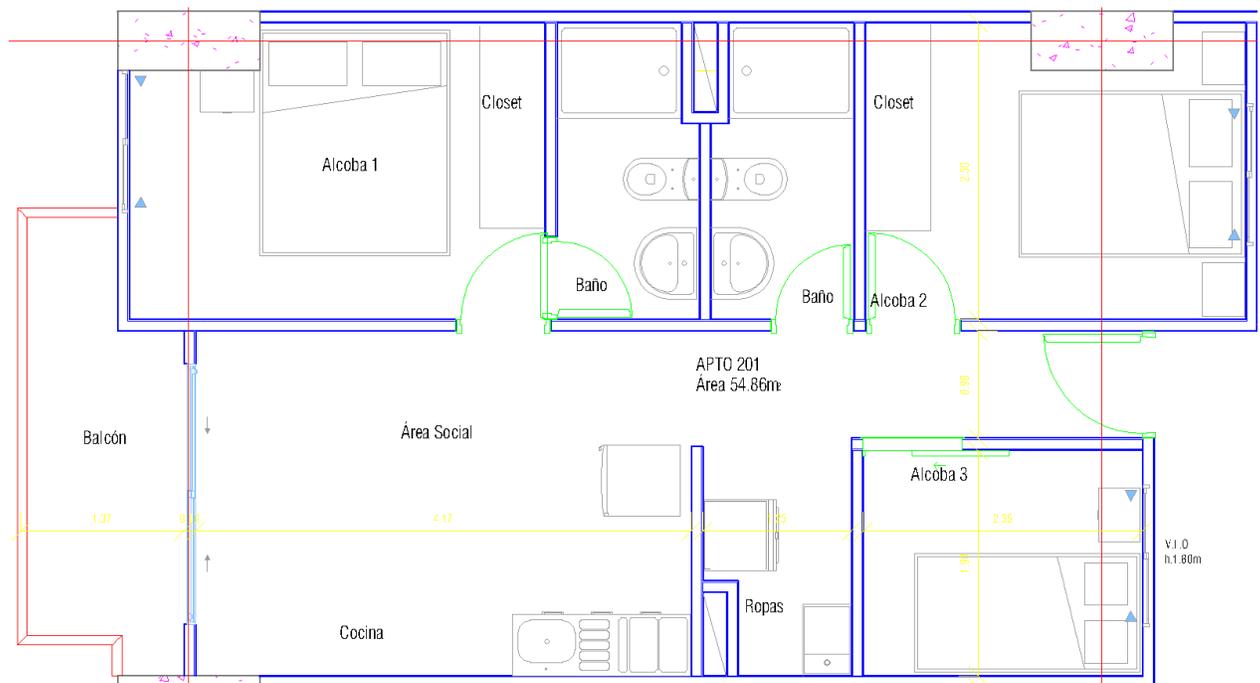


Fig. 68 Apartamento ejemplo.

En el plano se pueden detallar todas las zonas del apartamento, el primer paso a seguir, es cambiar la capa del dibujo, para que se vea más opaco el diseño arquitectónico. Posteriormente ubicamos las salidas eléctricas, tal y como se evidencia en la Fig. 69.

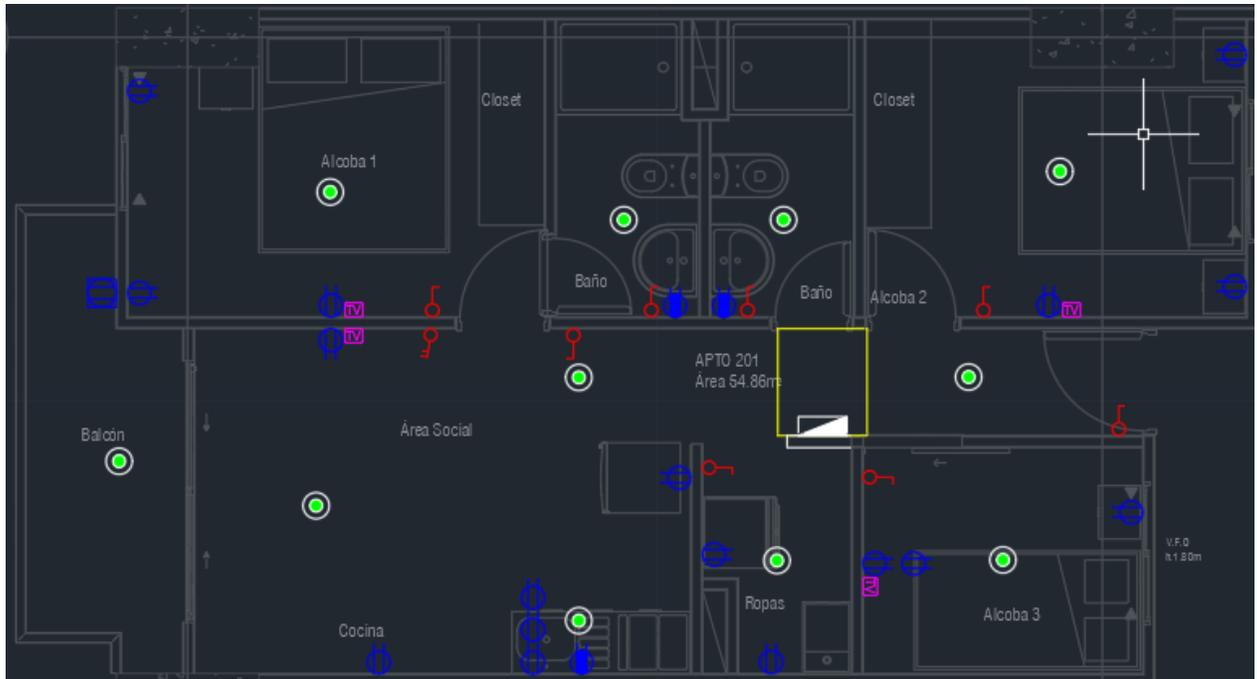


Fig. 69 Ubicación de salidas eléctricas.

Las salidas eléctricas, tal y como se ubican en la Fig. 69. No se ubican al azar, a continuación, se realizan observaciones y sugerencias para ubicar salidas eléctricas en un plano eléctrico.

Alcobas: En la zona de las alcobas, debemos garantizar que exista un tomacorriente a máximo 1.80 metros de cualquier espacio libre de pared en el cual se pueda ubicar una persona. Es decir, en los espacios libres de pared, se debe ubicar un toma corriente cada 3.6 metros. Los tomacorrientes se ubican a una distancia mínima de 30 centímetros, del nivel de piso acabado, la altura máxima para un tomacorriente es de 150 centímetros. Cuando se ubica un tomacorriente por encima de 150 centímetros, este debe ser para un uso específico, como por ejemplo para conectar un televisor. Por lo anterior, un tomacorriente ubicado por encima de 150 centímetros no se considera útil, por lo tanto, no puede ser tenido en cuenta a la hora de evaluar si existe un tomacorriente cada 3.6 metros. Cuando las alcobas tienen un área útil igual o inferior a 9 m^2 , basta con colocar dos tomas enfrentados para cumplir RETIE.

A la hora de ubicar las salidas eléctricas, es importante tener en cuenta la posición del mobiliario, por ejemplo, es recomendable dejar un tomacorriente cercano a la mesa de noche,

también uno al frente de la cama, ya que probablemente en ese sitio irá ubicado el televisor. Cuando se ubican salidas, es importante tener sentido común, recorrer el plano y observar los sitios más óptimos para ubicar las salidas.

Para el caso de los suiches, es recomendable ubicarlos en una de las paredes adyacentes a la puerta. Se debe verificar que el suiche no quede tapado por la batiente de la puerta. Los suiches de las alcobas, generalmente se ubican a 120 centímetros del nivel de piso acabado y a 20 centímetros del borde del muro. Las luminarias a su vez, en la medida de lo posible, se deben ubicar centradas en las habitaciones, sin embargo, esto depende del tipo de techo.

Finalmente, las salidas dedicadas para televisión se ubican a una altura aproximada de 160 centímetros del nivel del piso acabado. Estas alturas pueden variar según los requerimientos, sin embargo, es importante aclarar que no existe una restricción de altura para ubicarlos. Simplemente es importante ser pragmático a la hora de designar estas alturas.

En la Fig. 70. Se pueden apreciar las salidas eléctricas típicas para una alcoba del apartamento que es objeto de estudio.

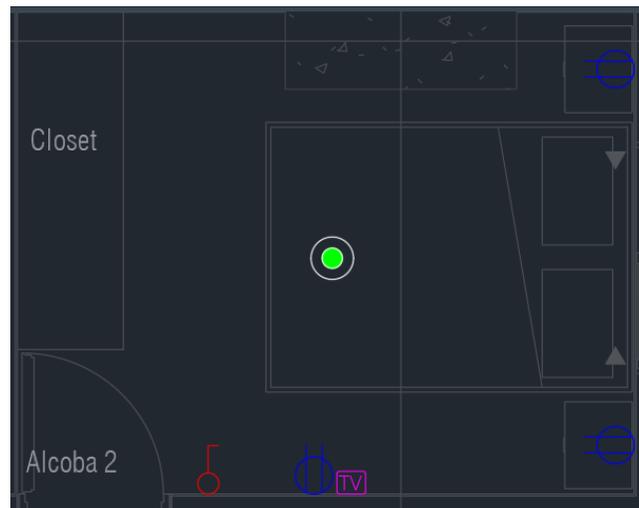


Fig. 70 Salidas eléctricas en alcoba.

Algunos diseñadores optan por indicar la altura de la salida eléctrica respecto al piso acabado en el plano, sin embargo, esto no es recomendable ya que podría saturar la información, y

cuando se realice la imprenta del plano, el cumulo de información puede resultar confuso para el oficial eléctrico que intente interpretar los planos.

Baños: En la zona de los baños, si estos tienen ducha y sanitario, es deber dejar una salida eléctrica de toma corriente, esta salida eléctrica debe ser de tipo GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter). Esta salida debe tener dichas características ya que se encuentra en una zona en donde probablemente el usuario interactúe con el toma corriente estando húmedo, también, se debe ubicar esta salida en una pared adyacente al lavamanos del baño. Además de lo anterior, se debe instalar una salida de iluminación para el baño, esta luminaria no debe estar sobre la zona de la ducha y su interruptor tiene que estar mínimo a 80 centímetros de la zona de la ducha, esto se hace para evitar que un adulto promedio estirándose toque el interruptor aun estando en la ducha. Finalmente, se debe garantizar que la distancia entre la llave del lavamanos y el toma GFCI no supere 30 centímetros. En la Fig. 71. Se puede apreciar la ubicación de salidas eléctricas para un baño.

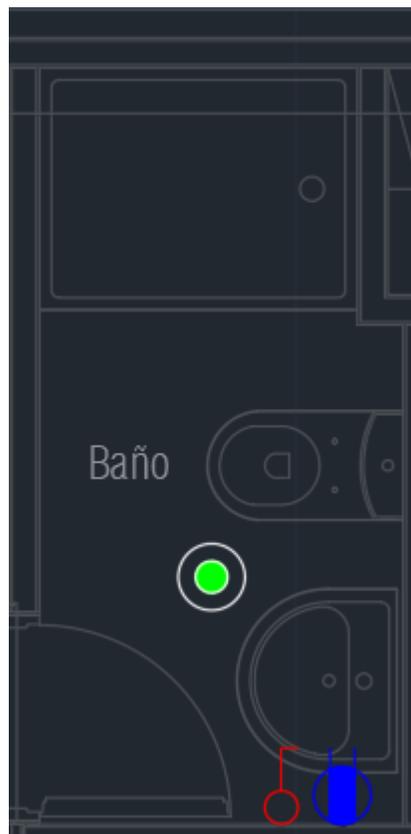


Fig. 71 Salidas eléctricas en baño.

Para el área de la sala, se deben dejar salidas para tomacorrientes a distancias no superiores a 3.6 metros. Lo ideal, es dejar salidas a los costados de los muebles, y cercanas a la salida de TV, sin embargo, lo importante es garantizar que exista un toma cada 3.6 metros de pared libre. En muchas ocasiones, el arquitecto no proyecta la ubicación del mobiliario de las salas, es estos casos, es responsabilidad del diseñador definir la ubicación más óptima para una salida eléctrica. En la Fig. 72. Se puede apreciar las salidas eléctricas para una sala o área social de un apartamento común.

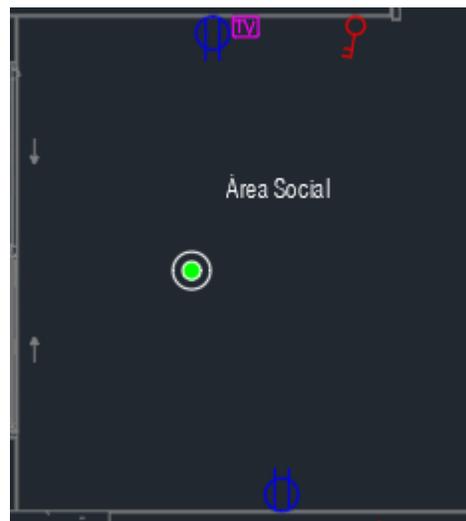


Fig. 72 Salidas eléctricas en área social.

Finalmente se llega a las áreas críticas de cada vivienda, la cocina y la zona de ropas. Para estas dos zonas, es indispensable caracterizar bien las cargas y distribuir bien los circuitos.

Para ubicar adecuadamente las salidas eléctricas de la zona de cocina, se debe tener claridad de la ubicación del mobiliario de la cocina, es necesario saber a qué altura respecto al nivel de piso acabado va a quedar el mesón, la ubicación de la nevera, si va o no un microondas, en general hay que caracterizar los aparatos que componen la cocina. Para nuestro caso en particular conocemos que el mesón va a quedar a 90 centímetros del nivel de piso acabado, y los gabinetes de la cocina a 1.60 metros. Además, se conoce que sobre la cubierta se ubica un microondas y una campana. Por lo tanto, necesitamos, un toma para el chispero de la cubierta, un toma para el mesón, este último debe ser GFCI, y un toma para el microondas y la campana.

Las alturas de las salidas, se definen en base a la ubicación del mobiliario, por lo tanto, el toma para el chispero de la cubierta, en este caso se ubica a 50 centímetros del nivel de piso acabado, el toma del mesón se ubica a 105 centímetros del nivel de piso acabado, para que no quede a ras con el mesón, y el toma para microondas y campana queda a 1.7 metros del nivel de piso acabado. Finalmente, el tomacorriente para la nevera se ubica a 1 metro del nivel de piso acabado y se ubica detrás de la nevera. En la Fig. 73. Se puede apreciar la ubicación de salidas eléctricas para una cocina típica de un apartamento.

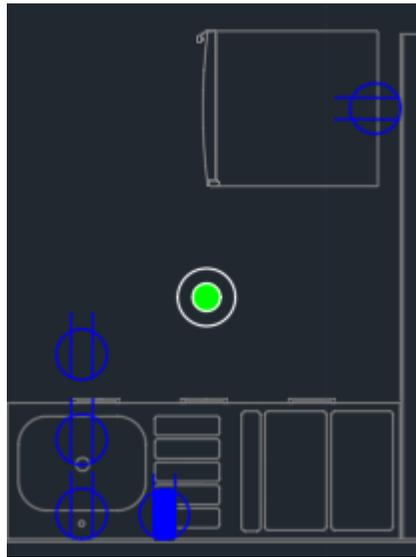


Fig. 73 Salidas eléctricas en cocina.

En la zona de ropas, se deben ubicar las salidas para la lavadora y para la zona de planchado, en caso de que en el mobiliario se proyecte la existencia de un calentador a gas, se debe dejar la salida para el chispero del calentador. En la Fig. 74. Se puede apreciar la ubicación de las salidas eléctricas para una zona de ropas.

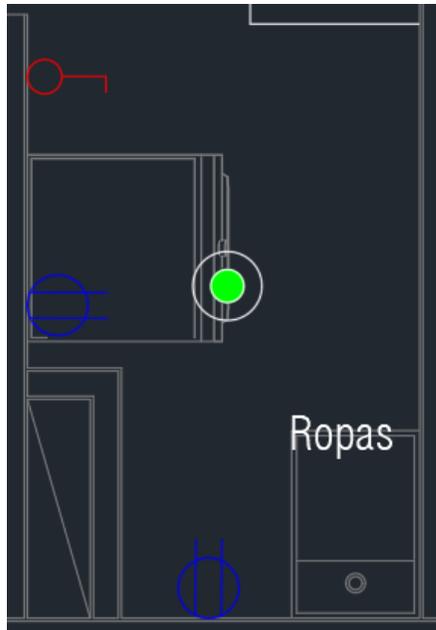


Fig. 74 Salidas eléctricas en zona de ropas.

Una vez se han ubicado las salidas eléctricas, se debe realizar la distribución de los circuitos, de tal forma que queden balanceados. Es deber del diseñador realizar adecuadamente la distribución de los circuitos, para este caso en particular, no se busca realizar un análisis de las cargas, se limita el alcance a la construcción del plano eléctrico.

Finalmente se ubica el tablero de protecciones, esta ubicación debe garantizar un espacio libre de 90 centímetros al frente del tablero y 37.5 centímetros a cada lado del tablero partiendo de su centro, además se debe ubicar a una altura aproximada de 1.75 metros respecto al nivel de piso. Estas distancias son de seguridad, y lo que buscan es garantizar un espacio para que, ante una eventual falla, la persona que manipule el tablero pueda reaccionar y alejarse del tablero.

En este orden de ideas, el siguiente paso es cablear las salidas eléctricas. Para el caso del apartamento de la Fig. 68. Se destina un circuito para los baños, las habitaciones 2 y 3. Otro circuito para la habitación 1 y la sala, otro circuito para los aparatos de la cocina, otro para la nevera y otro para la zona de ropas. Un plano cableado, tiene un aspecto similar al de la Fig. 75.

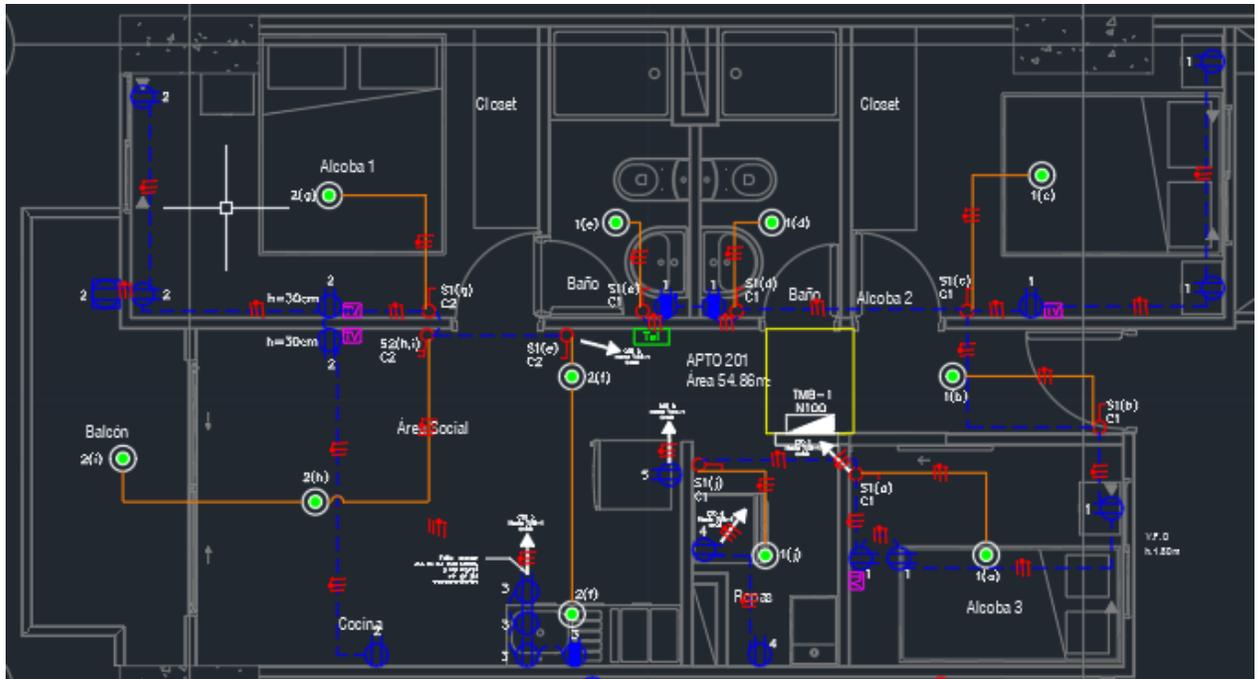


Fig. 75 Plano eléctrico cableado.

Para comprender como se cablea un plano, a continuación, se exponen 2 casos distintos en los cuales se explica como cablear circuitos.

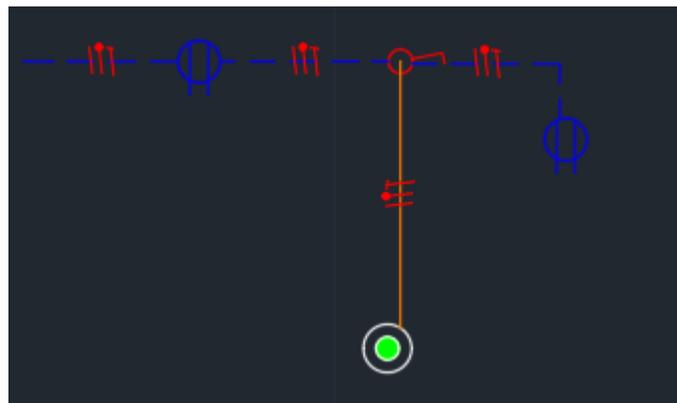


Fig. 76 Ejemplo de cableado 1.

Para el caso de la Fig. 76. Se asume que el circuito entra por el toma de la izquierda, al ser circuitos residenciales, monofásicos, a cada aparato debe llegar un cable de tierra, un cable de neutro y un cable de fase. Después del toma continuamos hacia el suiche, con fase, neutro y tierra, y aquí se parte la fase, una va para el toma de la derecha, y la otra para la luminaria. A cada

luminaria debe llegarle fase, neutro y tierra, a esta fase se le conoce como retorno, ya que esta es la que se interrumpe con el suicheo del interruptor.

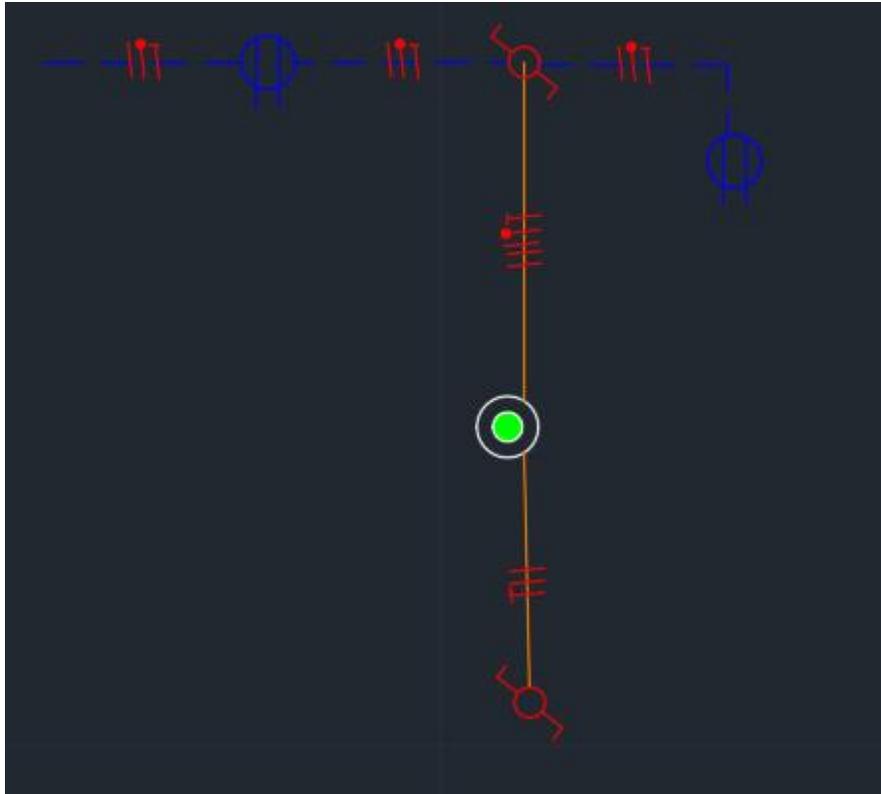


Fig. 77 Ejemplo de cableado 2.

En el caso de la Fig. 77. Se tiene un par de suiches conmutables, esto es muy útil instalarlo en habitaciones grandes o en escaleras. La lógica en este caso es la misma, a cada aparato debe llegar fase, neutro y tierra, en el caso de los conmutables, se conectan por medio de un “puente” de dos fases que se encargan del suicheo y prender y apagar la luminaria, a la luminaria, se le conecta neutro, tierra, y una fase que se tira de uno de los dos conmutables, ojo, solo de uno de los dos, no de ambos. En este caso, la fase para conectar a la luminaria se tira desde el conmutable de arriba, los conductores que siguen hacia el otro conmutable son las dos fases del puente y la tierra, recordemos que la tierra debe llegar a todos los aparatos.

Es así como se construye un plano eléctrico para aplicaciones de usuario final, en este caso residenciales. Es oportuno advertir, que este tipo de diseños requieren especial cuidado ya que un

mal diseño, puede arruinar el hogar de una persona que con gran esfuerzo se hizo a los recursos para obtener su casa.

VI. CAPITULO 4: SOFTWARE OBRAS Y CONTROL

Realizar adecuadamente un presupuesto, es indispensable para mantener estables las finanzas de la empresa, la construcción de análisis de precios unitarios es una base fundamental para la realización de presupuestos. Por lo anterior, es recomendable apoyarse en softwares que permitan elaborar de forma sencilla e intuitiva el análisis de precios unitarios y la elaboración de presupuestos.

Así mismo, una vez se ha realizado el presupuesto y se procede a ejecutar la obra, es imprescindible llevar un control de la misma. El control de obra, consiste en elaborar y ejecutar actividades, para dichas actividades se debe realizar un control material, recursos humanos, y cualquier otro componente que pueda hacer parte de la misma; adicionalmente se debe tener un control del tiempo en el cual se realizan las actividades.

El software Obras y Control, permite a IETEK INGENIERÍA, realizar presupuestos y control de las obras permitiendo a la empresa optimizar tiempo y realizar de manera más exacta las actividades de estimación de presupuestos y control de las obras.

El presente capítulo no pretende ser una guía de realización de presupuestos y control de obras. Lo que se busca es realizar una guía que le permita al interesado realizar un manejo básico del software para dichos fines.

Obras y Control

El software Obras y Control, permite realizar presupuestos de obra mediante la realización de análisis de precios unitarios. A continuación, se explica brevemente como realizar un análisis de precios unitarios por medio del software. Para la realización de los ejemplos, se parte del uso de los proyectos base y de ejemplo que contiene el programa por defecto. Es importante mencionar que el software es muy dinámico, y permite la creación de proyectos nuevos a partir de proyectos anteriores.

Inicialmente, una vez abierto el programa, seleccionamos la opción de crear un proyecto nuevo, a partir de la base de datos de otro proyecto. Si se requiere crear un proyecto nuevo sin base, el procedimiento es análogo.

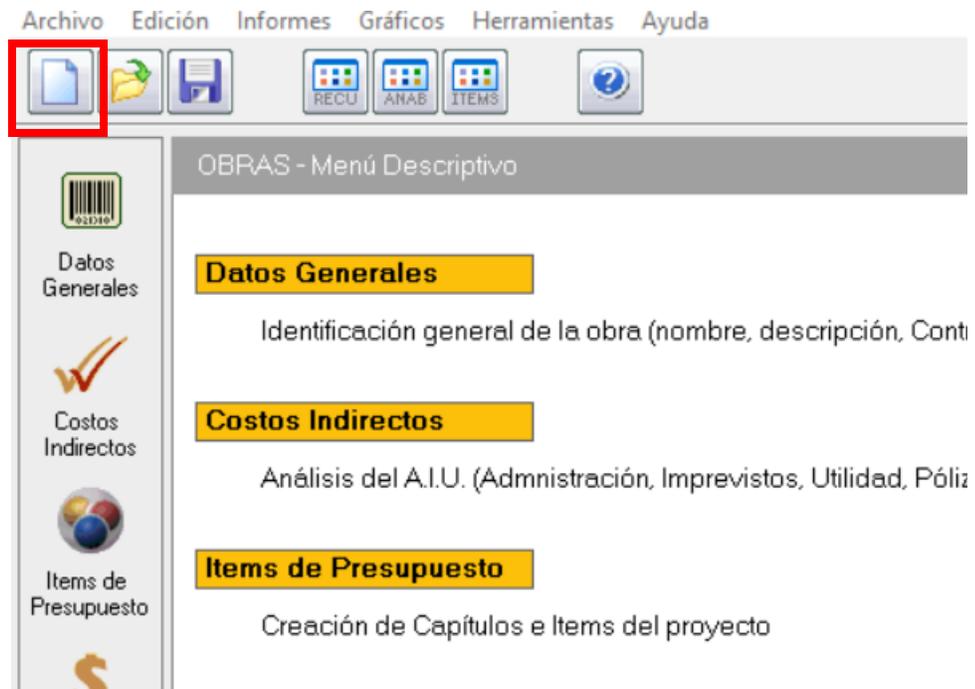


Fig. 78 Menú Obras y Control.

Posteriormente se digita el nombre de la obra, el contratante y proponente. A continuación, se guarda el proyecto, el archivo debe tener la extensión OBR.

Datos Generales del Presupuesto

Nombre de la Obra

Contratante

Proponente

Fecha presentación Fecha modificación

Comentarios Imprimir Comentarios

Firma >>"/>

Ancho (cm) Alineación Izquierda Centro Derecha

Alto (cm)

% Herramienta Menor % Desperdicio Materiales

% Prestaciones Sociales

% Acarreo Símbolo de Moneda

Grupo	Abreviatura	Descripción
<input type="button" value="MAT"/>	<input type="text" value="MAT"/>	<input type="text" value="Materiales"/>
<input type="button" value="M.O"/>	<input type="text" value="M.O"/>	<input type="text" value="Mano de Obra"/>
<input type="button" value="EQU"/>	<input type="text" value="EQU"/>	<input type="text" value="Herramienta y Equipo"/>
<input type="button" value="OTR"/>	<input type="text" value="OTR"/>	<input type="text" value="Otros"/>

Fig. 79 Datos generales del presupuesto.

Una vez se ha guardado el proyecto, se procede a definir los costos indirectos del proyecto. Estos costos indirectos se refieren a los costos que no son necesarios para la fabricación de productos o para el desarrollo de una actividad. Realizamos los pasos de las Fig. 80 y 81.

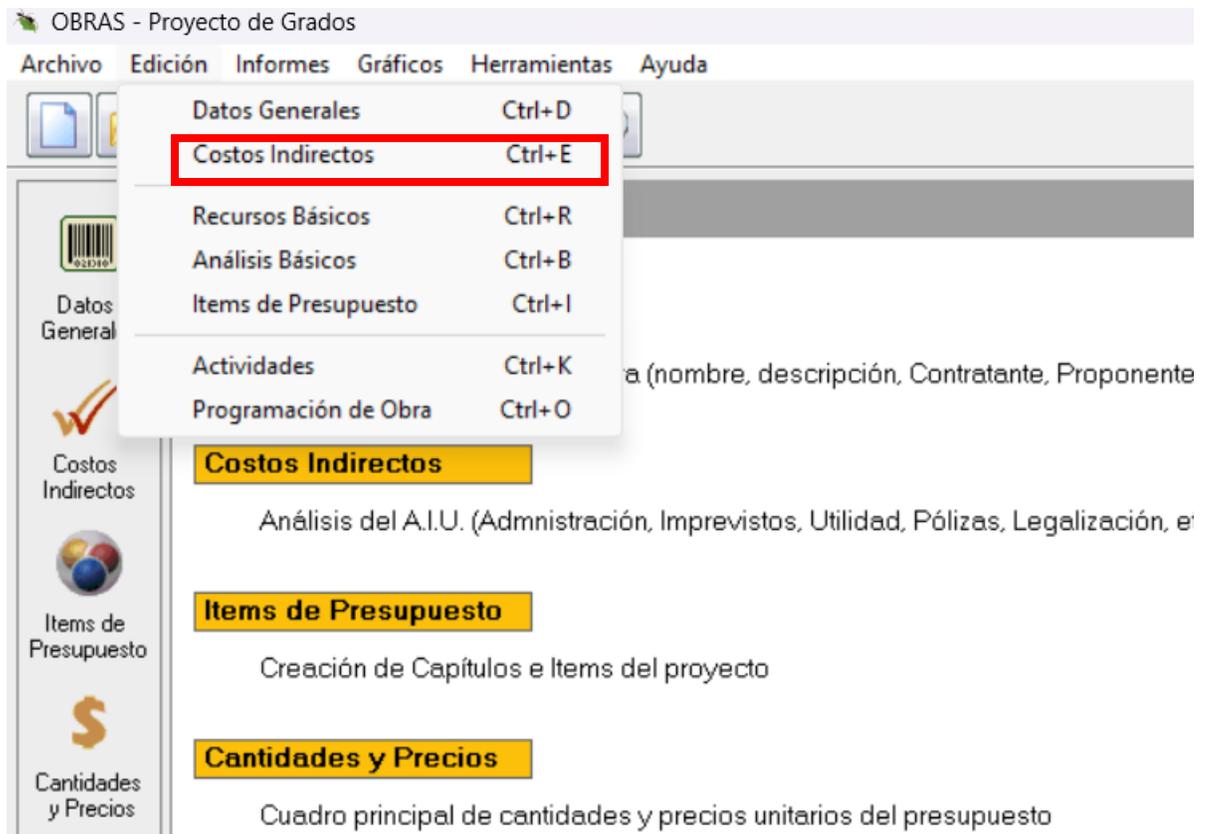


Fig. 80 Opción de costos indirectos.

Se definen los valores de costos indirectos, en este caso, el IVA y el AIU, el AIU es administración, imprevistos y utilidad, estos porcentajes los define el ingeniero comercial, esta acción se debe realizar con mucho cuidado, ya que un incorrecto cálculo de AIU puede generar que el proyecto que se cotiza genere pérdidas.

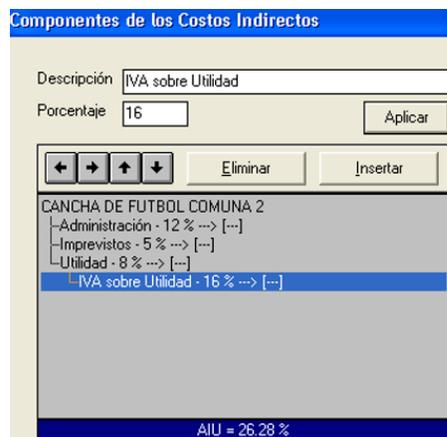


Fig. 81 Configuración de costos indirectos.



Fig. 82 Ítems de presupuesto.

Posteriormente creamos los ítems de presupuesto, permite crear 3 tipos de elementos. Los ítems de presupuesto, son análisis de precios unitarios para una actividad en particular, estos ítems de presupuesto pueden estar compuestos por recursos básicos y por análisis básicos, los análisis básicos son pequeños ítems que están compuestos por análisis básicos, y los recursos básicos son los elementos que componen cualquier análisis de precio unitario. Una vez seleccionada la opción de crear ítems de presupuesto, se despliega la pantalla de la Fig. 83. En esta pantalla se pueden crear los ítems de presupuesto y definir sus características.

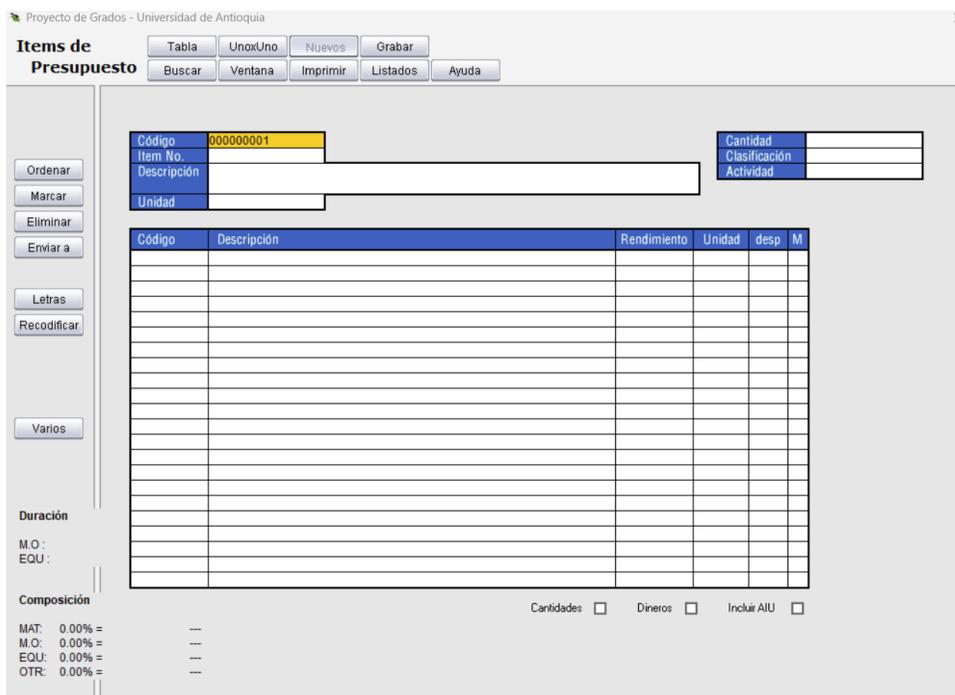


Fig. 83 Menú de creación de ítems de presupuesto.

Para este caso, se importan ítems de presupuesto creados en otro proyecto, se selecciona la opción “Ventana” y posteriormente se selecciona la opción explorar. Tal y como se muestra en la Fig. 84.

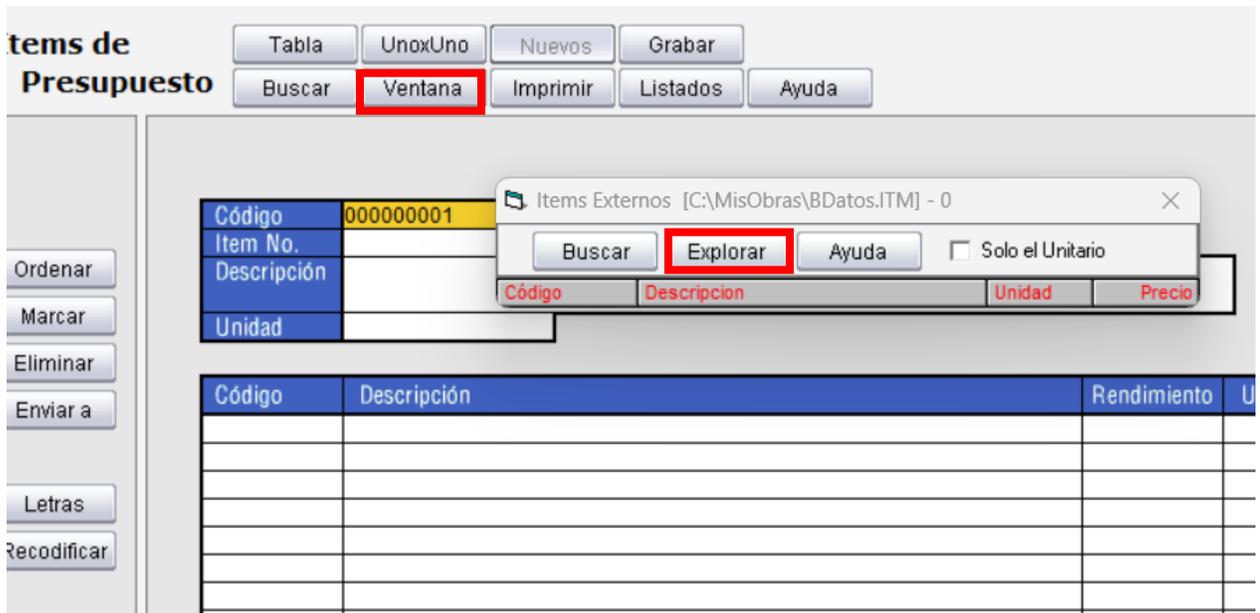


Fig. 84 Importar ítems de proyectos antiguos.

Para este caso, se utiliza como base el proyecto “CANCHA”. Tal y como se muestra en la Fig. 85.

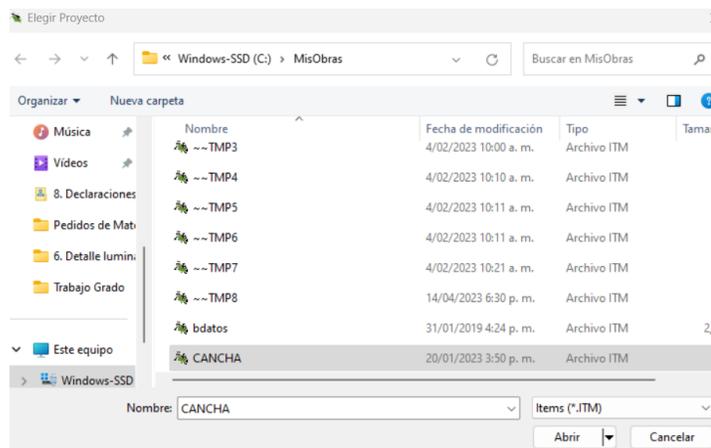


Fig. 85 Selección de proyectos para importar ítems.

A continuación, al seleccionar los ítems de presupuesto del proyecto “CANCHA”, automáticamente se importan al proyecto que se está ejecutando, es decir, de un proyecto viejo se importan los ítems para un proyecto nuevo, esto evita la tediosa labor de construir de nuevo el ítem de presupuesto.

Código	Descripción	Unidad	Precio
00000001	PRELIMINARES		
00000002	LOCALIZACION Y REPLANTEO	M2	76
00000003	DESCAPOTE Y LIMPIEZA	M2	1063
00000004	MEJORAMIENTO DEL SUELO	M3	27028
00000005	FILTROS		
00000006	EXCAVACION DE ZANJAS	M3	7800
00000007	FILTRO	ML	35888
00000008	COLECTOR PRINCIPAL 8"	ML	206611
00000009	ADECUACION DEL SUELO SOBRE	M2	258
00000010	CAMARA DE INSPECCION	UND	822176
00000011	DESAGUE	ML	142281
00000012	EMPRADIZACION		
00000013	COLOCACION DE M. ORGANICA	M2	1201
00000014	COLOCACION GRAMA	M2	7571
00000015	DEMARCACION CANCHA	GL	2259400

Fig. 86 Importación de ítems del proyecto CANCHA.

En la Fig. 87. Se evidencia como los ítems de presupuesto que se importan, en este caso el ítem “localización y replanteo”, contiene cada uno de sus recursos básicos.

Items de Presupuesto

1 / 1 [00000002 - LOCALIZACION Y REPLANTEO]

Código: 00000002
 Descripción: LOCALIZACION Y REPLANTEO
 Unidad: M2

Código	Descripción	Rendimiento	Unidad	desp	M
ESTAC	ESTACAS	5/100	LIND		R
TOPOG	COMISION DE TOPOGRAFIA	1/7324	DIA		R

200 10
480.000 66

Letras
 Recodificar
 Especific
 Capítulo
 Varios

Duración
 M.O:
 EQU:
 Composición

MAT: 13.16% = ---
 M.O: 86.84% = ---
 EQU: 0.00% = ---
 OTR: 0.00% = ---

Incluir AII

Fig. 87 Recursos básicos de los ítems importados.

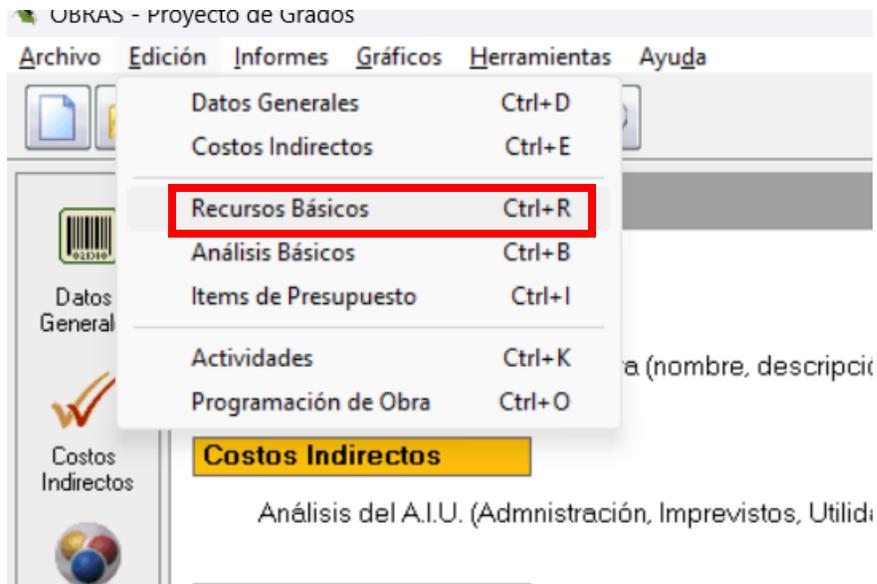


Fig. 89 Selección de la opción recursos básicos.

Proyecto de Grados - Universidad de Antioquia

Recursos Básicos

Tabla UnoxUno Nuevos Grabar

Buscar Ventana Imprimir Listados Ayuda

Código	Descripción	Unidad	Grupo	Clasificación	Precio [\$]	Fecha
ESTAC	ESTACAS	UND	MAT	MAD	200.00	20180214
TOPOG	COMISION DE TOPOGRAFIA	DIA	M.O	M.O	480000.00	20180214
MOTON	MOTONIVELADORA	HORA	EQU	EQU	63000.00	20180214
CARGA	CARGADOR DE LLANTAS	HORA	EQU	EQU	55000.00	20180214
VOLQU	VOLQUETA CHEVROLET C-70	HORA	EQU	EQU	58000.00	20180214
AYUDA	AYUDANTE	DIA	M.O	M.O	26000.00	20180214
PATEC	COMPACTADOR PATA DE CABRA	HORA	EQU	EQU	81000.00	20180214
HMEN0	HERRAMIENTA MENOR	PESOS	EQU	EQU	1.00	20180214
AREN4	ARENA PASANTE #4 RETENIDA#10	M3	MAT	PET	32000.00	20180214
LBMZ	DISEÑO MEZCLA LIMO-ARENA	M3	OTR	VAR	1360.00	20180214
CILIN	COMPACTADOR DE CILINDRO	HORA	EQU	EQU	75000.00	20180214
IRRIG	CARROTANQUE IRRIGADOR	HORA	EQU	EQU	95000.00	20180214
LABOR	CONTROL DE CALIDAD COMPACTACION	M3	OTR	VAR	2500.00	20180214
GEOTX	GEOTEXTIL REPAV/ 450 (NO TEJIDO)	M2	MAT	TEX	4560.00	20180214
TUBER	TUBERIA PERFORADA SIN FILTRO 2.5"	ML	MAT	TUB	7320.00	20180214
GRAVA	GRAVA 1/4" - 1"	M3	MAT	PET	40600.00	20180214
OFICI	OFICIAL	DIA	M.O	M.O	36000.00	20180214
TUB08	TUBERIA PVC NOVAFORT 8"	ML	MAT	TUB	177000.00	20180214
SALTA	VIBROCOMPACTADOR LIVIANO (SALTARIN / RANA)	HORA	EQU	EQU	21500.00	20180214
LADRI	LADRILLO COMUN TIPO POPAYAN	UND	MAT	PET	780.00	20180214
CEMEN	CEMENTO GRIS	KG	MAT	PET	450.00	20180214
ARENC	ARENA PARA MORTERO Y CONCRETO	M3	MAT	PET	25000.00	20180214
TRITU	TRITURADO	M3	MAT	PET	45000.00	20180214
AGUA	AGUA	LT	MAT	PET	12.00	20180214
FORMA	FORMALETA EN MADERA	M3	MAT	FOR	70000.00	20180214
ACERO	ACERO DE REFUERZO 34000 PSI	KG	MAT	ACE	2100.00	20180214
AREN1	ARENA PASANTE #10 RETENIDA#40	M3	MAT	PET	28000.00	20180214
TUB16	TUBERIA PVC NOVAFORT 16"	ML	MAT	TUB	137000.00	20180214
TIERR	TIERRA NEGRA	M3	MAT	PET	15000.00	20180214
GRAMA	PRADO TIPO TREN SILLA	M2	MAT	VAR	7480.00	20180214
PINTU	PINTURA DE TRAFICO	GAL	MAT	PIN	68900.00	20180214

[1 / 31]

Fig. 90 Recursos básicos que componen los ítems,

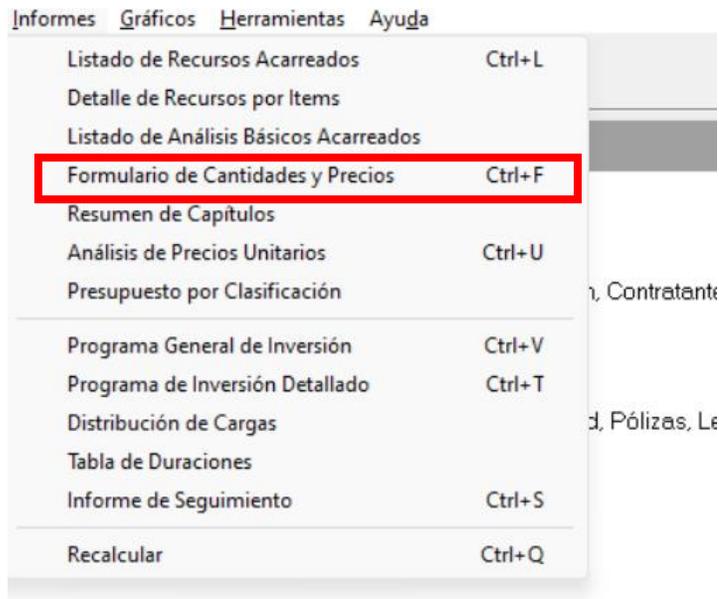


Fig. 91 Opciones de análisis para el presupuesto.

Finalmente, cuando se han definido los ítems del presupuesto, se pueden realizar múltiples análisis que proporcionan información acerca de la cotización realizada. En este caso, se despliega el formulario de cantidades y precios. Este análisis permite estimar los costos totales de un proyecto.

CUADRO DE CANTIDADES Y PRECIOS

Modificar | Buscar | Subtotales: 1 | Costo Total | AIU | Indirectos | Aporte | Condensar

Imprimir | Fuentes | Ayuda | Capítulos | Descripción | Especifico | R.M.O. | T.M.O. | Grupos

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unit.	Valor Parcial	Aporte %	R.M.O.
PRELIMINARES							
	LOCALIZACION Y REPLANTEO	M2	1	96	96	0.002	0.00014
	DESCAPOTE Y LIMPIEZA	M2	1	1,345	1,345	0.030	0.00042
	MEJORAMIENTO DEL SUELO	M3	1	34,196	34,196	0.770	---
	EXCAVACION DE ZANJAS	M3	1	9,869	9,869	0.222	0.01429
	SUBTOTAL PRELIMINARES				45,506	1.024	
FILTROS							
	FILTRO	ML	1	45,405	45,405	1.022	0.01667
	COLECTOR PRINCIPAL 8"	ML	1	261,404	261,404	5.884	0.01111
	ADECUACION DEL SUELO SOBRE FILTRO	M2	1	326	326	0.007	---
	CAMARA DE INSPECCION	UND	1	1,040,217	1,040,217	23.415	4
	DESAGUE	ML	1	180,014	180,014	4.052	0.05556
	SUBTOTAL FILTROS				1,527,366	34.380	
EMPRADIZACION							
	COLOCACION DE M. ORGANICA	M2	1	1,520	1,520	0.034	---
	COLOCACION GRAMA	M2	1	9,579	9,579	0.216	0.00333
	DEMARCAACION CANCHA	GL	1	2,858,593	2,858,593	64.346	2
	SUBTOTAL EMPRADIZACION				2,869,692	64.595	
	COSTO TOTAL				4,442,564		
DETALLE DEL COSTO INDIRECTO							
	Administración			12%	421,362		
	Imprevistos			5%	175,568		
	Utilidad			8%	280,908		
	IVA sobre Utilidad			19%	53,373		

Fig. 92 Resultados del análisis de presupuestos.

Para información más detallada acerca del funcionamiento del software es adecuado contactar al fabricante y observar las guías que el programa trae por defecto, el presente capítulo busca compartir una forma de realizar el análisis de presupuestos, sin embargo, el software en cuestión es mucho más completo y tiene diversas funcionalidades que puede ayudar a simplificar tareas dentro de una empresa.

VII. CONCLUSIONES

La construcción de esta guía logra generar una base para los futuros ingenieros electricistas en el área del diseño. Pues en ella se plasman cada uno de los componentes a tener en cuenta durante la elaboración de un diseño, además, se dan ejemplos de algunos de estos componentes, lo cual facilita el aprendizaje de los conceptos tratados.

El diseño de instalaciones eléctricas es un tema sumamente amplio, que aún en estos días no se encuentra completamente estandarizado y genera controversia en algunos temas, es por esto que la guía se limita a tratar algunas de las áreas del diseño más comunes, pero también relevantes para el ingeniero y para la sociedad en general.

Adicionalmente, a partir de esta guía se logra facilitar la labor de capacitación de los nuevos ingenieros de diseño que se formen en IETEK INGENIERÍA, ya que esta resuelve muchas de las preguntas más comunes que se suele plantear el diseñador novato.

Finalmente, la lectura de la presente guía genera que el diseñador experimentado afiance sus conocimientos y se cuestione otros tantos.

VIII. RECOMENDACIONES

Simultáneamente a la lectura de esta guía se deben consultar las referencias aquí citadas, esto permitirá verificar la información aquí consignada y ampliar el margen de aprendizaje del ingeniero novato.

REFERENCIAS

- [1] «Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP». <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-iluminaci%C3%B3n-y-alumbrado-p%C3%BAblico-retilap/> (accedido 8 de diciembre de 2022).
- [2] E. GmbH, «Luminancia | ERCO Conocimientos luminotécnicos». <https://www.erco.com/es/planificacion-de-iluminacion/conocimientos-luminotecnicos/fotometria/luminancia-7500/> (accedido 6 de abril de 2023).
- [3] E. GmbH, «Iluminancia | ERCO Conocimientos luminotécnicos». <https://www.erco.com/es/planificacion-de-iluminacion/conocimientos-luminotecnicos/fotometria/iluminancia-7517/> (accedido 6 de abril de 2023).
- [4] «google maps - Google Maps». https://www.google.com/maps?q=google+maps&rlz=1C1UUXU_esCO932CO932&um=1&ie=UTF-8&sa=X&ved=2ahUKEwjctsDotZn-AhXKSzABHRFhAhAQ_AUoAXoECAEQAw (accedido 7 de abril de 2023).
- [5] «Redes Energía». <https://grupoepm.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=d001d3aa7aeb4679a6f1d2fea1c2119c> (accedido 7 de abril de 2023).
- [6] «Normas técnicas del servicio de energía de EPM». <https://cu.epm.com.co/proveedoresycontratistas/normas-tecnicas/normas-tecnicas-energia> (accedido 8 de abril de 2023).
- [7] «- Icontec». <https://www.icontec.org/lanzamiento-codigo-electrico-colombiano-ntc-2050/> (accedido 8 de abril de 2023).
- [8] «Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE». <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-instalaciones-el%C3%A9ctricas-retie/> (accedido 8 de diciembre de 2022).
- [9] «<https://www.icontec.org/lanzamiento-codigo-electrico-colombiano-ntc-2050/>», *Icontec*. <https://www.icontec.org/lanzamiento-codigo-electrico-colombiano-ntc-2050/> (accedido 8 de abril de 2023).
- [10] «INSTALACIONES INTERNAS O RED INTERNA | CREG». <https://www.creg.gov.co/instalaciones-internas-o-red-interna> (accedido 9 de abril de 2023).