



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS EN MEDIO VOLTAJE,
BAJO VOLTAJE Y ALUMBRADO PÚBLICO PARA URBANIZACIONES**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: Jesús Alberto Bravo Contreras

Álvaro Rafael Ochoa Álava

TUTOR: Ing. Ervin Geovanny Solano Villegas, MSc

Guayaquil – Ecuador

2022

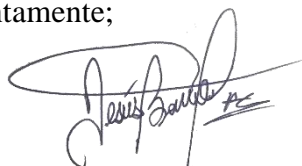
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Jesús Alberto Bravo Contreras con documento de identificación N° 0961114972 y Álvaro Rafael Ochoa Álava con documento de identificación N° 0925681181 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo y autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 3 de marzo del año 2022

Atentamente;



Jesús Alberto Bravo Contreras
0961114972



Álvaro Rafael Ochoa Álava
0925681181

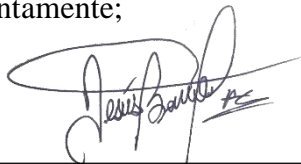
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Jesús Alberto Bravo Contreras con número de identificación N° 0961114972 y Álvaro Rafael Ochoa Álava con número de identificación N° 0925681181, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de lo que somos autores del: **“DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS EN MEDIO VOLTAJE, BAJO VOLTAJE Y ALUMBRADO PÚBLICO PARA URBANIZACIONES”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERO EN ELECTRICIDAD, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

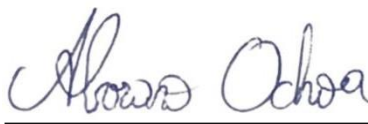
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en el formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 3 de marzo del año 2022

Atentamente;



Jesús Alberto Bravo Contreras
0961114972



Álvaro Rafael Ochoa Álava
0925681181

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ervin Geovanny Solano Villegas con documento de identificación N° 0923481915 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS EN MEDIO VOLTAJE, BAJO VOLTAJE Y ALUMBRADO PÚBLICO PARA URBANIZACIONES”, realizado por Jesús Alberto Bravo Contreras con número de identificación N° 0961114972 y Álvaro Rafael Ochoa Álava con número de identificación N° 0925681181, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Tesis que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 3 de marzo del año 2022

Atentamente;



Ing. Ervin Geovanny Solano Villegas, Msc
0923481915

DEDICATORIA

Dedico en primer lugar a mi maestro especial Dios, por no haberme desamparado, por mantenerme lleno de vida y salud para cumplir mi propósito de ser Ingeniero en Electricidad, a mis padres Carmen Contreras y Miguel Bravo, que desde niño me han inculcado que la educación es de vital importancia para el avance y progreso del ser humano como persona, a mi hija Susej Bravo y esposa Maria Prieto, por ser ese pilar fundamental que me sostuvo por muchos años de estudios, dándome fuerza y aliento para continuar.

A mi abuelita Felicia, a toda mi hermosa familia y mi jefe Ing. Diego Serrano por apoyarme y contribuir para llevar a cabo el cumplimiento de esta meta.

Jesús Alberto Bravo Contreras

Antes que nada, mi dedicatoria va a nuestro padre celestial, al creador de mi madre, por estar conmigo en todo momento, por mantenerme con salud y ganas de seguir luchando para seguir adelante y culminar una de mis metas que es la de ser Ingeniero en Electricidad.

A mi inmensa e infinita Madre Betty Álava, pilar fundamental en mi vida, soy lo que soy gracias a ella, a mi compañera de vida Mabel Haro que con sus consejos y su manera de ver las cosas me ha ayudado mucho en la vida a seguir adelante y a culminar esta meta, a mi tía Elizabeth Álava mi segunda madre inculcándome siempre a ir por el camino del bien y a cumplir todo lo que me proponga.

Álvaro Rafael Ochoa Álava

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios padre todopoderoso, a mi Madre, por educarme con buenos valores y principios, a mi padre, por impulsarme a cumplir el propósito de ser Ingeniero, a mi esposa e hija, a mi familia entera y amigos por tanto amor, a mis compañeros y profesores de clases con los cuales compartí durante muchos años, a mis jefes en el ámbito laboral por compartir sus conocimientos y orientaciones conmigo, a los profesores de la Universidad Politécnica Salesiana que con muchos esmero y paciencia siempre estuvieron cuando más los necesité y a todas esas personas que me rodearon en la trayectoria hacia el camino profesional.

Jesús Alberto Bravo Contreras

Agradezco a Dios, a mi Madre, por la educación que ella me ha brindado, y por ser la persona que ha sido conmigo en toda mi vida, a mi compañera de vida, por llenarme de energías positivas y no desampararme, a mis tías, y a toda mi familia, que han aportado con un granito de arena para ayudarme a cumplir el objetivo de obtener mi título como Ingeniero. A mis compañeros de clases los cuales me acompañaron durante algunos años en toda mi carrera, a los profesores de la UPS siempre propositivos y ayudando a los alumnos cuando necesitamos de sus consejos.

Álvaro Rafael Ochoa Álava

INDICE

PORTADA.....	1
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE	vii
INDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
ACRÓNIMOS	xix
CAPITULO I.....	1
1.1. TITULO.....	1
1.2. INTRODUCCIÓN	1
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.6. BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA	5
1.7. OBJETIVOS	5

1.7.1. Objetivo General	5
1.7.2. Objetivos Específicos.....	5
1.7.3. Metodología y Medios	6
CAPITULO II	7
2.1. FUNDAMENTACION TEORICA	7
2.1.1. Estructura de una red eléctrica	7
2.1.2. Redes de distribución de energía eléctrica	8
2.1.3. Estructura de las redes de distribución:.....	9
2.1.3.1. Redes eléctricas con topología radial:	9
2.1.3.2. Redes eléctricas con topología en anillo:.....	10
2.1.3.3. Redes eléctricas de media tensión	13
2.1.3.4. Redes eléctricas en media y baja tensión de configuración subterráneas:.....	13
2.1.3.5. Ventajas de redes eléctricas de configuración subterráneas:	14
2.1.3.6. Desventajas de redes eléctricas de configuración subterráneas:.....	14
2.1.3.7. Partes principales de redes civiles subterráneas:	14
2.1.3.7.1. Canalizaciones TDP PVC 110mm.....	14
2.1.3.7.2. Cajas de paso de hormigón:	15
2.1.3.8. Partes principales de redes eléctricas de configuración subterráneas:.....	16
2.1.3.8.1. Transformador:	16
2.1.3.8.2. Cables de media tensión.....	17
2.1.3.8.3. Conectores bajo operación de carga tipo codo:	18
2.1.3.8.4. Conector inserto de buje	19
2.1.3.8.5. Redes eléctricas baja tensión de configuración subterráneas:	20
2.1.3.8.6. Conectores barraje de goma/gel:.....	22
2.1.3.8.7. Caída de tensión:.....	23

2.1.3.8.8. Reducción de Voltaje.....	23
2.1.3.8.9. Redes eléctricas de alumbrado público:.....	24
2.1.4. Programas utilizados para el diseño de la propuesta.....	26
2.1.4.1. Software de distribución CYMDIST:.....	26
2.1.4.2. Software de iluminación Dialux Evo:.....	27
2.1.4.3. Auto Cad:.....	28
2.1.4.4. Etap:.....	29
CAPITULO III.....	30
3.1. DESARROLLO DEL FUNCIONAMIENTO	30
3.1.1. Factibilidad de servicion para diseño de proyecto:.....	30
3.1.2. Bajante de media tension	30
3.1.3. Fusibles:	31
3.1.3.1. Calculo de fusible en bajante de transicion:	31
3.1.4. Malla a tierra	32
3.1.4.1. Partes de una malla a tierra.....	33
3.1.4.2. Aplicaciones de una malla a tierra.....	33
3.1.4.3. Resistencia maxima de puesta a tierra admitidos norma ieee.....	33
3.1.4.4. Dimensionamiento de malla a tierra para equipo de interrupcion subterraneo en urbanizaciones:	33
3.1.5. Pararrayo:.....	34
3.1.6. Equipo de interrupcion subterraneo:.....	36
3.1.7. Cables alimentadores en media tension:	37
3.1.8. Transformadores pad mounted monofasico con topologia anillo en media tensión:	38
3.1.9. Red de baja tension	41

3.1.9.1. Conexión de acometidas domiciliarias a red secundaria	42
3.1.9.2. Dimesionamiento de transformador con demanda estimada de villas clase media	43
3.1.9.3. Demanda de usuarios por transformador-urb bosquetto;.....	47
3.1.9.4. Calculo corriente en el secundario de los transformadores por medio de ley de ohm:	51
3.1.9.5. Calculo de caida de tension de conductores monofasicos en baja tension por transformador.....	52
3.1.10. Red susterranea de alumbrado publico:	53
3.2. SIMULACIONES MEDIANTE PROGRAMAS.....	57
3.2.1. Simulación de red de medio voltaje en cymdist:.....	57
3.2.2. Simulación de malla a tierra.....	70
3.2.3. Simulación de caída de tensión:	71
3.2.3.1. Transformador T1-75KVA1F/240/120V un circuito	71
3.2.3.2. Transformador T6 Y T12-75KVA1F/240/120V dos circuitos:.....	71
3.2.3.3. Transformador T3, T7, T9, T15 Y T16-50KVA1F/240/120V dos circuitos.....	71
3.2.3.4. Transformador T4, T5, T8, T11, T13 Y T14 -37.5KVA 1F/240/120V dos circuitos	72
3.2.3.5. Transformador T10 Y T02 -50KVA 1F/240/120V un circuito	72
3.2.4. Simulación de red de alumbrado público:.....	72
CAPITULO IV	79
4.1. ANALISIS Y RESULTADOS.....	79
4.2. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (Microsoft Project).....	84
4.3. PRESUPUESTO DEL DISEÑO:.....	85
CONCLUSIONES.....	86

	xi
RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	88
ANEXOS.....	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Estructura de un sistema de energía eléctrica.....	8
Figura 2	Interconexión de la red de transporte y las redes de distribución.....	8
Figura 3	Red radial ramificada	9
Figura 4	Redes eléctricas de topologías radiales.	10
Figura 5	Red radial con centros de distribución.	10
Figura 6	Red de distribución en anillo. Pétalo simple.	11
Figura 7	Red de distribución en anillo. Pétalo múltiple.....	11
Figura 8	Redes eléctricas de topologías radiales.	12
Figura 9	Redes eléctricas de media tensión.	13
Figura 10	Corte de tubo TDP PVC	14
Figura 11	Vista bilateral de tubo TDP PVC	15
Figura 12	Caja de paso de hormigón de media tensión.	16
Figura 13	Principio de funcionamiento de un transformador monofásico.....	16
Figura 14	Transformador trifásico pad mounted.	17
Figura 15	Cable de media tensión.....	18
Figura 16	Conector codo a 200A	19
Figura 17	Conector inserto buje.....	20
Figura 18	Conector inserto buje (Corte lateral)	20
Figura 19	Suministro en baja tensión a través de la red de distribución.....	21
Figura 20	Suministro en baja tensión a través de la red de distribución.....	21
Figura 21	Barraje puerto gel	22
Figura 22	Caja de paso de baja tensión con barraje puerto gel para acometidas domiciliarias con configuración subterránea	22

Figura 23	Análisis de estabilidad transitoria.....	27
Figura 24	Programa Dialux Evo	28
Figura 25	Pantalla de inicio autocad	29
Figura 26	Pantalla de inicio Etap	29
Figura 27	Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra	33
Figura 28	Pantalla principal de Etap 19.0.1	34
Figura 29	Dimensionamiento malla a tierra en Etap 19.0.1.....	34
Figura 30	Bajante de transición	35
Figura 31	Diagrama unifilar equipo vista modelo 312	36
Figura 32	Vista frontal de un transformador monofásico pad monofásico.....	40
Figura 33	Vista bilateral de un transformador monofásico pad mounted en base de hormigón.	40
Figura 34	Vista superior de un transformador monofásico pad mounted en base de hormigón.	41
Figura 35	Diagrama unifilar de villa categoría clase media	42
Figura 36	Plano arquitectónico de la urbanización Boschetto.....	46
Figura 37	Ubicación de La Urbanización Boschetto	46
Figura 38	Diagrama Unifilar.....	48
Figura 39	Plano arquitectónico de la urbanización Boschetto con implantación red de media tensión y transformadores.	48
Figura 40	Plano arquitectónico de la urbanización Boschetto con implantación red de baja tensión, Colores por circuito.	50
Figura 41	Detalle de ubicación de postes de alumbrado - Vista de planta	55
Figura 42	Plano arquitectónico de la urbanización Boschetto con implantación red de alumbrado público, contiene postes, luminarias y conexiones a red de baja tensión.	56

Figura 43	Implantación del AutoCAD en Cymdist	57
Figura 44	Inyección del flujo de carga	57
Figura 45	Verificación de red MT alimentada.....	58
Figura 46	Red en anillo con la apertura del interruptor de retorno.....	58
Figura 47	Diferencia de potencial en líneas del interruptor secundario	59
Figura 48	Verificación de alimentación por el otro recorrido	59
Figura 49	Cargabilidad del Transformador 1.....	60
Figura 50	Cargabilidad del Transformador 2.....	60
Figura 51	Cargabilidad del Transformador 3.....	61
Figura 52	Cargabilidad del Transformador 4.....	61
Figura 53	Cargabilidad del Transformador 5.....	62
Figura 54	Cargabilidad del Transformador 6.....	62
Figura 55	Cargabilidad del Transformador 7.....	63
Figura 56	Cargabilidad del Transformador 8.....	63
Figura 57	Cargabilidad del Transformador 9.....	64
Figura 58	Cargabilidad del Transformador 10.....	64
Figura 59	Cargabilidad del Transformador 11.....	65
Figura 60	Cargabilidad del Transformador 12.....	65
Figura 61	Cargabilidad del Transformador 13.....	66
Figura 62	Cargabilidad del Transformador 14.....	66
Figura 63	Cargabilidad del Transformador 15.....	67
Figura 64	Cargabilidad del Transformador 16.....	67
Figura 65	Simulación de cortocircuito.....	69
Figura 66	Apertura Software Dialux.....	73
Figura 67	Asignación de datos en el software Dialux	73

Figura 68	Variables de luminarias	74
Figura 69	Simulación en 3D	75
Figura 70	Simulación con vista del alto.....	75
Figura 71	Simulación final.....	76
Figura 72	Resultados de simulación	76
Figura 73	Resultados aceptados.....	77
Figura 74	Reporte del Software Dialux	78
Figura 75	Tabla de resultados de alumbrado público	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Demanda efectiva de Boschetto.....	31
Tabla 2	Estimación de carga de cada abonado	43
Tabla 3	Cálculos de demandas por transformador.....	47
Tabla 4	Distribución de transformadores en la Urbanización Boschetto.	49
Tabla 5	Total de cargas por fase en la Urbanización Boschetto.	50
Tabla 6	Cargabilidad de los transformadores.	68
Tabla 7	Caída de tensión del transformador de 75KVA 1 recorrido	71
Tabla 8	Caída de tensión del transformador de 75KVA 2 recorridos.....	71
Tabla 9	Caída de tensión del transformador de 50KVA 2 recorridos.....	72
Tabla 10	Caída de tensión del transformador de 37,5KVA 2 recorridos.....	72
Tabla 11	Caída de tensión del transformador de 50KVA 1 recorrido	72
Tabla 12	Ubicación y demanda de transformadores.....	79
Tabla 13	Calibre de conductor	80
Tabla 14	Reporte software Cymdist.....	82

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el diseño de redes eléctricas en medio voltaje, bajo voltaje y alumbrado público para urbanizaciones, como proyecto modelo aplicaremos este diseño en la Urbanización Boschetto, dicha urbanización se encuentra ubicado en Ecuador, provincia del Guayas, Guayaquil Vía La Costa, Chongón; este diseño abarca el abastecimiento de energía eléctrica en niveles de voltajes residenciales a 221 familias que integraran esta urbanización.

Una vez conocidos el número de familia a bastecer con una demanda declarada por el promotor, se dimensionarán los calibres de conductores tanto en medio y como bajo voltaje, así como un correcto dimensionamiento de alumbrado público cumpliendo con las normativas de ARCERNNR apegados a la LOSPEE, CIE, RGLOSPEEb, SAPG, entre normativas y leyes exigidas por la empresa reguladora y receptora de la obra una vez construidos.

Al mismo tiempo, se formulará una simulación a través de una serie de software que permitan la verificación del correcto funcionamiento y a la vez el cumplimiento de todas las exigencias de CNEL EP específicamente unidad de negocios Guayaquil, para que una vez construido tal proyecto pueda ser fiscalizado y recibido a costo “0” por dicha institución.

ABSTRACT

The present work consists in the design of electrical networks in medium voltage, low voltage and public lighting for urbanizations, as a model project we will apply this design in the Boschetto Urbanization, this urbanization is located in Ecuador, Guayas province, Guayaquil Vía La Costa, Chongón; This design encompasses the supply of electrical energy at residential voltage levels to 221 families that will make up this urbanization.

Once the number of families to be met with a demand declared by the promoter is known, the conductor sizes will be dimensioned in both medium and low voltage, as well as a correct dimension of public lighting complying with the ARCERNNR regulations attached to the LOSPEE, CIE, RGLOSPEEb, SAPG, among regulations and laws required by the regulatory and receiving company of the work once built.

At the same time, a simulation will be formulated through a series of software that allows the verification of correct operation and at the same time compliance with all the requirements of company CNEL EP, so that once such a project is built it can be audited and received by said institution.

ACRÓNIMOS

- ARCERNNR: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovable.
- LOSPEE: Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- CIE: Comisión Internacional de Iluminación (IEC por sus siglas en inglés: International Commission on Illumination).
- INEN: Servicio Ecuatoriano de Normalización.
- RGLOSPEE: Reglamento General a la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL.
- AWG: American Wire Gauge”: calibre de alambre estadounidense.
- CNEL EP: Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad.
- DC “Direct current”: corriente directa o continua.
- CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad en Ecuador.
- KV: Kilovoltios
- P: Potencia aparente
- I: Corriente nominal del circuito
- V: Voltaje nominal del circuito
- KVA: Kilovoltios amperios
- S&C: Electric Company
- SF6: Hexafluoruro de azufre
- u: Caída de tensión
- L: Longitud del circuito

- I: Corriente del circuito
- KW: Kilovatios
- K: Es un coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de sus temperaturas al principio y al final del cortocircuito.
- S: Es la sección del conductor
- Natsim: Normas de Acometidas, Cuartos de Transformadores y Sistemas de Medición para el Suministro de Electricidad.
- KN: Kilo Newton.
- CNEL EP: Corporación nacional de electricidad.
- AEIC & ICEA: Diámetro del aislamiento del cable.
- MERNNR: Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables.
- 1F: Monofásico.
- 3F: Trifásico.
- EPDM: Etileno Propileno Dieno tipo M ASTM.
- RAM: Memoria principal de un dispositivo.
- Av: Avenida.
- MCM: Unidad de medida MIL CIRCULAR MIL

CAPITULO I

1.1. TITULO

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

1.2. INTRODUCCIÓN

Es necesario aterrizar en el concepto de electricidad, la misma es una forma de energía que se manifiesta a través de campos electromagnéticos por el flujo de electrones que este mismo emite, se puede aprovechar de diferentes maneras: para generar movimientos mecánicos, calor, iluminación, entre otros. A través del flujo de electrones mencionado inicialmente, el conductor puede lograr el encendido o funcionamiento de equipos eléctricos de uso cotidiano.

La electricidad consta de cuatro grandes procesos en lo que refiere a corriente alterna, generación, transmisión, distribución y comercialización. Las redes de distribución permiten el acercamiento de la energía eléctrica a los consumidores finales. Una determinada red de distribución se abastece de energía eléctrica por medio de su conexión o conexiones con la red de transporte troncal o principal, mediante subestaciones transformadoras de alto voltaje a medio voltaje. Esta red es quien suministra finalmente la energía a los consumidores o abonados a través de centros de transformadores pero esta vez reductores de media tensión a baja tensión[1].

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

Al ser la red de distribución de energía eléctrica la más vulnerable a fallas, es necesario implementar mecanismos que garanticen la continuidad y confiabilidad del ser servicio

eléctrico, en este caso se diseñará una red de distribución subterránea siendo la más rentable al disminuir el mantenimiento e incidentes en el lugar. Esta red será de topología anillo para brindar confiabilidad en el sistema, ofreciendo alternativas de alimentación al momento de suscitarse ausencia de tensión en un tramo de cable determinado dentro de la urbanización[2].

La red de media tensión proveniente del alimentador Chongón deberá ser transformada a niveles de baja tensión, estos últimos valores serán los consumibles por los abonados de la urbanización y sus acometidas domiciliarias serán conectadas a esta red de acuerdo a la homologación de El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable vigente, adicionalmente, a esta red se conectará la red de alumbrado público, diseñado bajo un estudio de luminotecnia, verificando el cumplimiento de los parámetros para el correcto funcionamiento, su encendido y apagado se llevará a cabo por foto control, es decir aprovechando la energía solar para el apagado y la ausencia de este para el encendido[3].

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática del proyecto surge con la necesidad de abastecer con energía eléctrica en bajo voltaje a los moradores de la urbanización Boschetto, para ello se debe diseñar una red en medio voltaje, bajo voltaje y alumbrado público de forma subterránea, con el propósito de que el diseño realizado sea de manera simplificada, eficiente, confiable y que cumpla con estándares de calidad en base a normas exigidas por la empresa eléctrica para la recepción futura de este proyecto.

Además de las características mencionadas es necesario destacar que dicha urbanización está planificada para una clase media de la población guayaquileña, por lo que es necesario adaptar el diseño al presupuesto planteado por la constructora. Aunado al límite presupuestario de la misma, hay que incorporar las condiciones climáticas de la ciudad costeña, Guayaquil, la misma se caracteriza por ser una ciudad con temperaturas entre 21° y 31° c y sensación térmica por efecto de la humedad de 80%, por lo tanto, el material que se seleccione durante el diseño debe garantizar su buen funcionamiento bajo estas condiciones[4].

Parte del diseño eléctrico es la sugerencia y aporte a la ingeniería civil de ubicación estratégica de bases de transformadores, bases de postes, cajas de paso y recorrido o intercepción de las

canalizaciones con otras ingenierías, como por ejemplo el número y tipo de tubería a seleccionar. Otras de las variantes a evaluar son los movimientos sísmicos y asentamientos diferenciales del terreno, según el Instituto Geofísico de Ecuador, la cantidad de movimientos sísmicos en el país se debe a la ubicación de Ecuador en la zona de colisión de la placa oceánica o también llamada placa Nazca con la placa continental o placa Sudamericana[5].

1.4. JUSTIFICACIÓN

El sistema eléctrico por dimensionar tiene como función principal transformar, distribuir y suministrar de forma correcta y adecuada energía eléctrica en niveles de voltajes residenciales, estos parámetros son de vital importancia para velar por el buen funcionamiento y garantizar la continuidad de servicio a los abonados. En caso de obviar, desatender o descuidar algún aspecto puede traer grandes consecuencias económicas, accidentes laborales, pérdida del suministro o daños a terceros.

De igual forma para evitar riesgos, el proyecto deberá cumplir satisfactoriamente las aprobaciones por los departamentos técnicos involucrados por parte de la empresa reguladora de servicios eléctricos CNEL EP unidad de negocios Guayaquil. Otro de los factores a considerar en el proyecto es la calidad de los materiales a instalar y el correcto proceso constructivo de las redes civiles para aplicaciones eléctricas juegan un papel fundamental en el éxito de este proyecto.

Cuando se habla de instalaciones eléctricas surgen tres variables de acuerdo al potencial de electricidad que se consume, llamado voltaje, estas tipologías son conocidas como alta, media y baja tensión. Según la resolución de ARCONEL, resolución Nro. 074/17 (Agencia de Regulación y Control de Electricidad en Ecuador) los niveles de voltaje se definen de la siguiente manera:

- BAJA TENSION: voltajes inferiores o iguales a 600V
- MEDIA TENSION: voltajes entre 600V y 40.000V
- ALTA TENSION GRUPO 1: voltajes entre 40.000V y 138.000V
- ALTA TENSION GRUPO 2: voltajes superiores a 138.000V[3].

Los valores de voltaje residenciales se obtienen de la transformación del medio voltaje monofásico a baja voltaje monofásico, por medio de los transformadores de tipo pedestal monofásicos; una vez obtenido este voltaje es aprovechado para uso doméstico y alumbrado público.

Según CONELEC resolución Nro. 005/14 (Consejo Nacional de Electricidad en Ecuador) “el alumbrado público consiste en la iluminación de vialidades, espacios públicos asignado a la movilidad y ornamentación”. El alumbrado público hace referencia a la conexión desde la red en baja tensión con accesorio y elementos de foto control o controles automáticos para lograr el encendido y apagado de luminarias instaladas en postes bien sea metálicos o de hormigón, a una longitud de altura superior a 8 metros, con el fin de que el rendimiento lumínico pueda abastecer las vías peatonales y vehiculares[6].

Ahora bien, la elección de la red eléctrica en general de topología subterránea se debe al artículo 65 del registro oficial nro. 418 de la Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica, establece que “Las redes eléctricas para atender el servicio eléctrico en lotes urbanizados, urbanizaciones y edificios de configuración horizontal, obedecerán a ser subterráneos”[7].

Al seleccionar un transformador se debe tomar en consideración que sea de tipo subterráneo y monofásico, como lo es el tipo pedestal recomendado para ciudadelas y residencias diseñados para exposición o intemperie, estos a su vez poseen un gabinete basculante de protección con un dispositivo de seguridad

1.5. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El trabajo de investigación planteado estará dispuesto para la ejecución dentro del periodo 2022, tomando en cuenta que su aplicación será para sectores de Guayaquil, que se rijan por la unidad de negocios CNEL EP GUAYAQUIL y que sus estándares económicos sean de clase media.

Se debe considerar que la toma de datos de los abonados para el cálculo y dimensionamiento de las redes serán de la urbanización Boschetto, donde se aplicara únicamente las redes de

media tensión, alumbrado público y baja tensión, esta última solo estará prevista hasta los conectores puerto gel en donde se conectarán las acometidas domiciliarias, las cuales deberá instalar el propietario de cada vivienda.

1.6. BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA

Dentro de los beneficiarios del trabajo investigativo planteado estarán:

- Los autores, consolidarán y fortalecerán sus conocimientos para posteriormente recibir título de Ingeniero en electricidad
- La Universidad Politécnica Salesiana, sumara un proyecto de investigación más para su destacada trayectoria, así como el mérito por graduar excelentes profesionales
- Las 221 familias de la urbanización Boschetto tendrán la oportunidad de abastecerse con un sistema de energía eléctrica confiable, moderno y de alta calidad.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo General

Proponer el diseño de redes eléctricas de medio, bajo voltaje y alumbrado público para urbanizaciones, caso de estudio Urbanización Boschetto, Guayaquil.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Dimensionar las redes eléctricas identificando los abonados y la demanda de cada uno de ellos de acuerdo a los datos suministrados por el promotor del proyecto.

- Simular el funcionamiento de las redes eléctricas de medio, bajo voltaje y alumbrado público para la verificación del cumplimiento técnico.
- Diseñar las redes eléctricas medio voltaje, bajo voltaje y alumbrado público mediante los programas CYMDIST, Auto Cad, Dia lux Evo y Etap.

1.7.3. Metodología y Medios

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

Para llevar a cabo la simulación y verificación del correcto funcionamiento de este proyecto se implementarán los programas Microsoft Office, Cymdist, Dialux, Etap y Autocad.

CAPITULO II

2.1. FUNDAMENTACION TEORICA

2.1.1. Estructura de una red eléctrica:

La mayoría del consumo de electricidad se realiza en corriente alterna y una de las problemáticas que tiene este tipo de corriente es que no se puede acumular. El sistema deberá producir a cada instante toda la energía eléctrica a consumir, lo que implica tener un sistema eléctrico que disponga de regulación y automatización.

Un sistema eléctrico está formado principalmente por las centrales generadoras de energía eléctrica, las líneas de transporte de la electricidad que las mismas producen, las subestaciones de interconexión o reductoras (disminuir tensión), los centros de transformación y las instalaciones interiores o receptoras de esa energía eléctrica.

La producción de energía eléctrica se realiza en media tensión por limitaciones en el aislamiento de los alternadores, se transporta en alta tensión para minimizar las pérdidas en el transporte, se distribuye en media tensión por razones económicas y de minimización de pérdidas, y en núcleos urbanos se suministra generalmente en baja tensión por razones fundamentalmente de seguridad para los usuarios[1].

Para que la energía eléctrica llegue desde los centros de generación a los centros de consumo, se necesitan las llamadas redes de distribución en alta tensión y redes de distribución en baja tensión. Estas redes de distribución están formadas, principalmente, por líneas aéreas y subterráneas tanto en alta tensión (AT) como de baja tensión (BT) y por los centros de transformación [8].

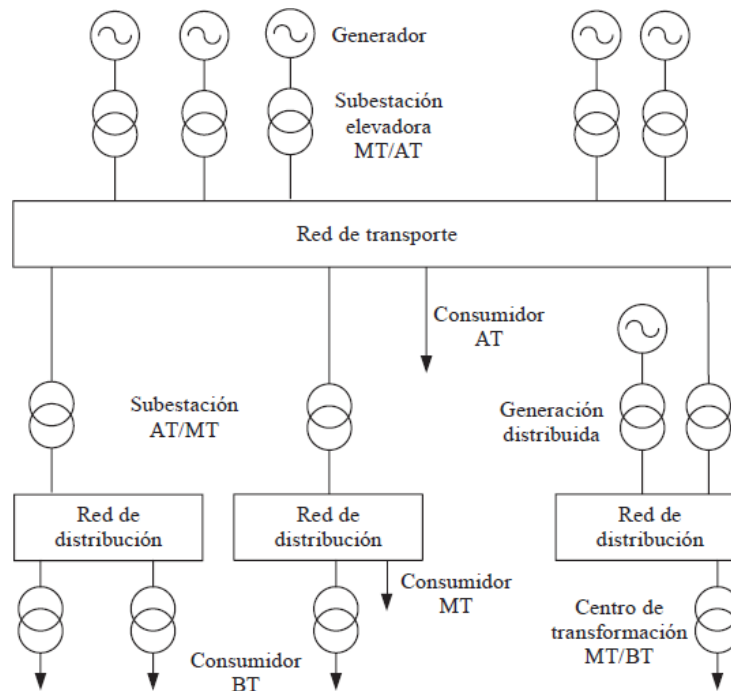


Figura 1 Estructura de un sistema de energía eléctrica.
 AT: alta tensión, MT: media tensión, BT: baja tensión.
Fuente: Instalaciones Eléctricas (2007).

2.1.2. Redes de distribución de energía eléctrica:

Las redes de distribución permiten acercar la energía eléctrica a los últimos consumidores. Una determinada red de distribución obtiene energía eléctrica a través de su conexión o conexiones con la red de transporte mediante subestaciones de alta tensión a media tensión. La red de distribución suministra finalmente la energía a los consumidores finales a través de centros de transformación de media tensión a baja tensión. Los centros de consumo presentan diversas características en cuanto a densidad de carga y fiabilidad, lo que determina su configuración[1].

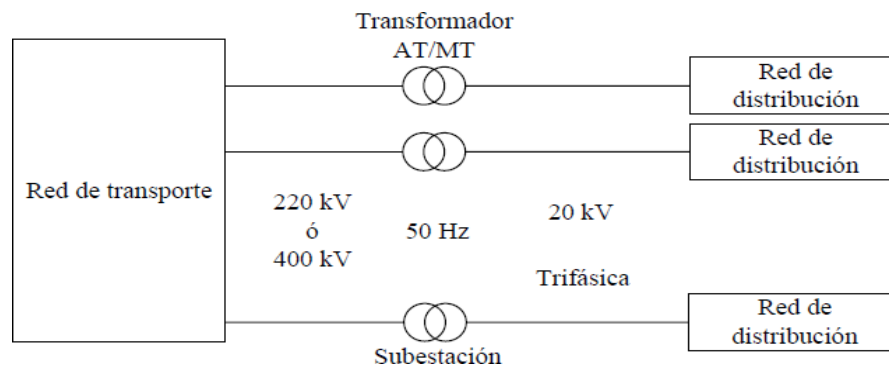


Figura 2 Interconexión de la red de transporte y las redes de distribución.
Fuente: Instalaciones Eléctricas (2007).

2.1.3. Estructura de las redes de distribución:

Las redes de distribución también se pueden clasificar en función de su estructura, distinguiendo entre redes radiales, redes en anillo y redes malladas. A continuación, se describen las siguientes características principales de estas configuraciones[1].

2.1.3.1. Redes eléctricas con topología radial:

En las redes de distribución radiales las líneas parten de las subestaciones y se ramifican extendiéndose por toda el área suministrada. Las redes radiales se alimentan por un único extremo desde el que se realiza el suministro a los centros de transformación mediante derivaciones o ramificaciones en antena que no se cierran sobre sí mismas. De esta forma, la energía sólo dispone de un camino para alcanzar a los consumos partiendo de la subestación[1].

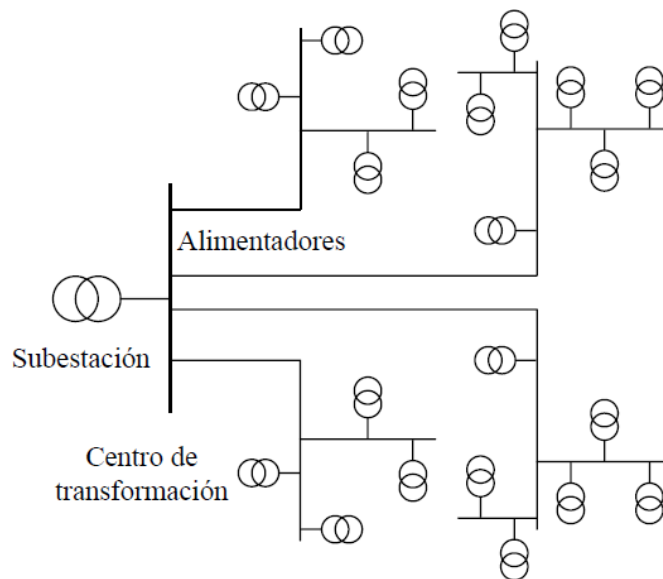


Figura 3 Red radial ramificada.

Fuente: Instalaciones Eléctricas (2007).

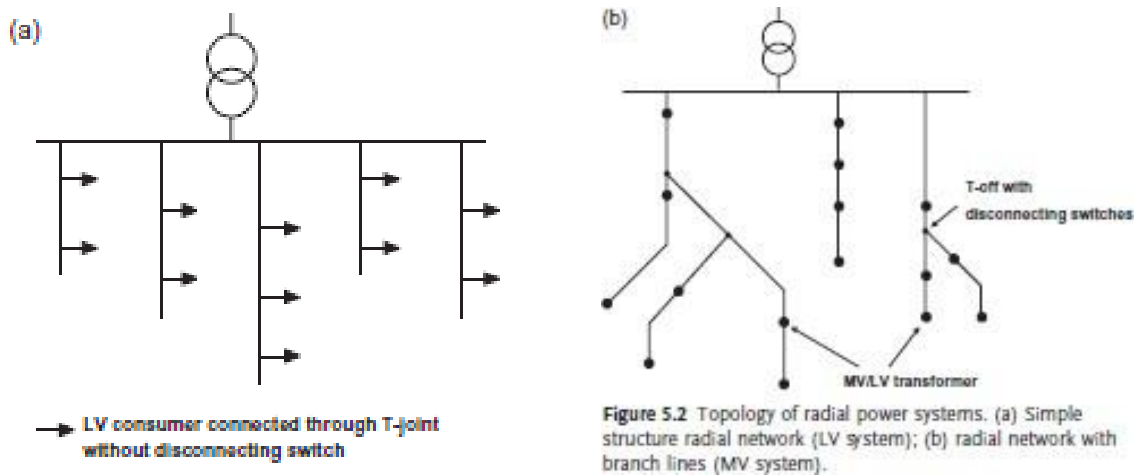


Figura 4 Redes eléctricas de topologías radiales.

Fuente: Electrical Distribution- System Protection/ Cooper power Systems (2005).

2.1.3.2. Redes eléctricas con topología en anillo:

Las redes de topología anillo están formadas por una línea cerrada a lo largo de la cual se reparten los centros de transformación. Estas redes proporcionan dos caminos para alimentar a los centros de transformación, constituyendo una solución intermedia entre las redes radiales y las redes [1].

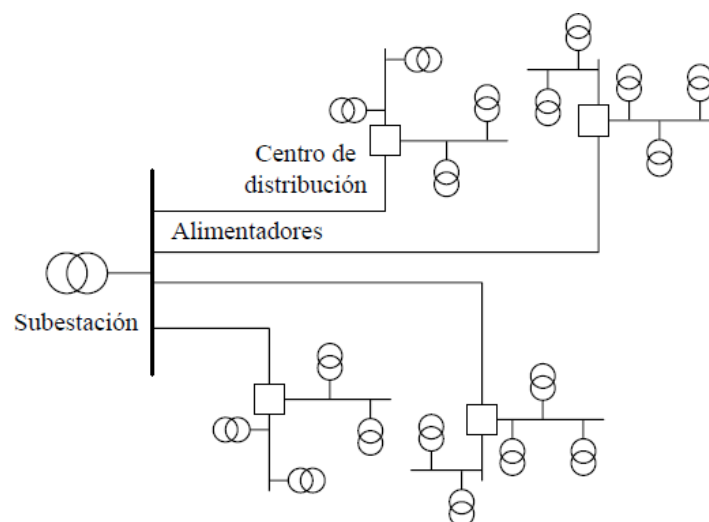


Figura 5 Red radial con centros de distribución.

Fuente: Instalaciones Eléctricas (2007).

El suministro de energía eléctrica se puede realizar mediante una o varias subestaciones conectadas en distintos puntos del anillo. Normalmente, las redes en anillo se conectan dando lugar a distintas configuraciones en pétalo[1]:

- Pétalo simple: El inicio y el final de cada anillo es la misma subestación
- Pétalo múltiple: El inicio y el final de cada anillo es la misma subestación o una cabecera de pétalo, donde se centraliza el dispositivo de maniobra que permite enlazar varios anillos[9].

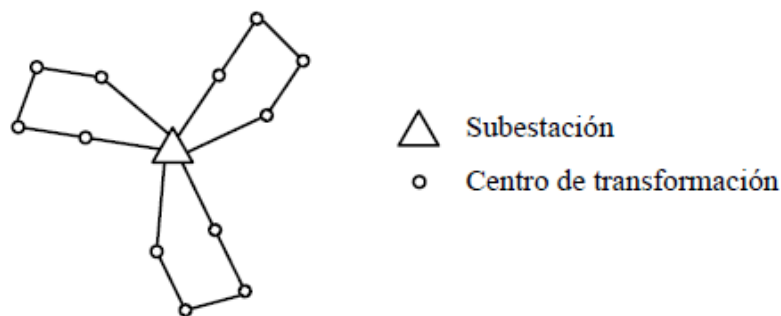


Figura 6 Red de distribución en anillo. Pétalo simple.

Fuente: Instalaciones Eléctricas (2007).

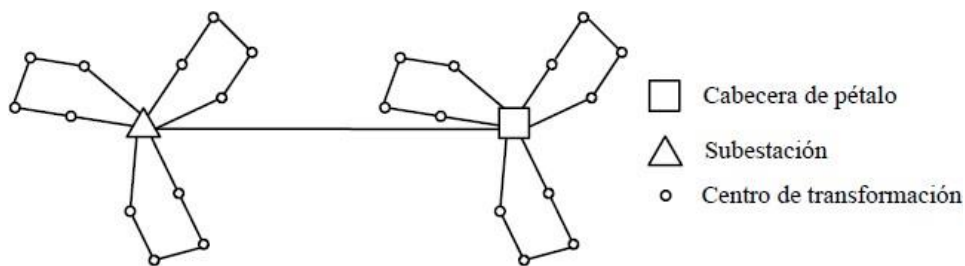


Figura 7 Red de distribución en anillo. Pétalo múltiple.

Fuente: Instalaciones Eléctricas (2007).

Los sistemas de anillo son comunes en el rango de voltaje medio. Una gran variedad de anillos en los sistemas principales está en funcionamiento con respecto a la carga permitida de las líneas. El sistema principal se obtiene conectando los extremos de la línea (comenzando desde la topología del sistema radial) de regreso a la estación de alimentación como se describirá al finalizar este párrafo. Por lo general, el anillo en los sistemas principales se opera con

desconexión abierta (interruptor de desconexión de carga) en ubicaciones definidas en cada línea, lo que proporciona una operación simple que incluye una capacidad de reserva conmutable, dependiendo de la carga de las líneas. La carga de las líneas debe seleccionarse de tal manera que, en caso de falla de una línea, la carga total de esta línea en cuestión se puede suministrar después de cerrar la carga - interruptor en el punto de desconexión abierto. Esto significa que la carga de cada alimentador debe mantenerse al 50% de la carga térmicamente admisible como un promedio para condiciones normales de funcionamiento. Cada alimentador ofrece reserva en caso de fallas del alimentador respectivo[9].

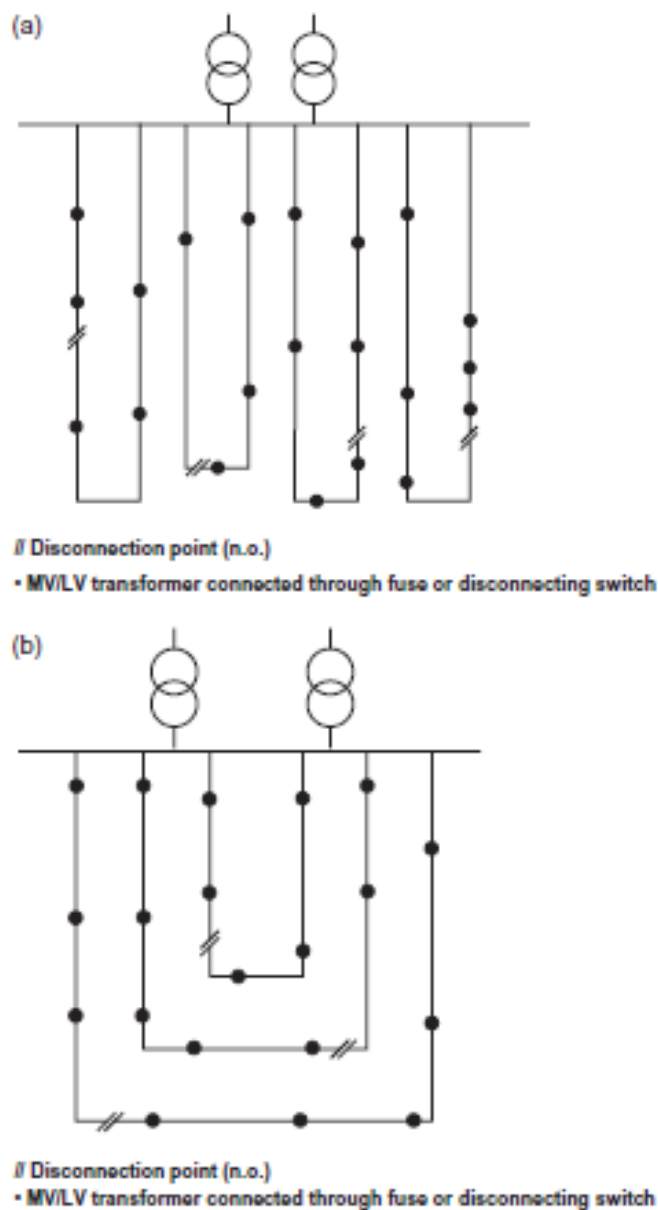


Figura 8 Redes eléctricas de topologías radiales.

Fuente: Electrical Distribution- System Protection/ Cooper power Systems (2005).

2.1.3.3. Redes eléctricas de media tensión:

La distribución de energía eléctrica es la parte de la infraestructura de suministro de energía que toma la electricidad de la transmisión de alto voltaje de alta malla y lo entrega a los clientes. Las líneas de distribución primarias son circuitos de “voltaje medio”, que normalmente se consideran de 600 V a 40 kV. En una subestación de distribución, un transformador de subestación toma la transmisión entrante nivel de voltaje (35 a 230 kV) y lo reduce a varias distribuciones en los circuitos primarios, que se abren en abanico desde la subestación. Cerca de cada usuario final, un transformador de distribución toma la tensión de distribución primaria y pasa hasta un circuito secundario de bajo voltaje (comúnmente 120/240 V; otros también utilizan voltajes de utilización). Desde el transformador de distribución, los circuitos de distribución secundarios se conectan al usuario final donde la conexión se realiza en la entrada de servicio[10].

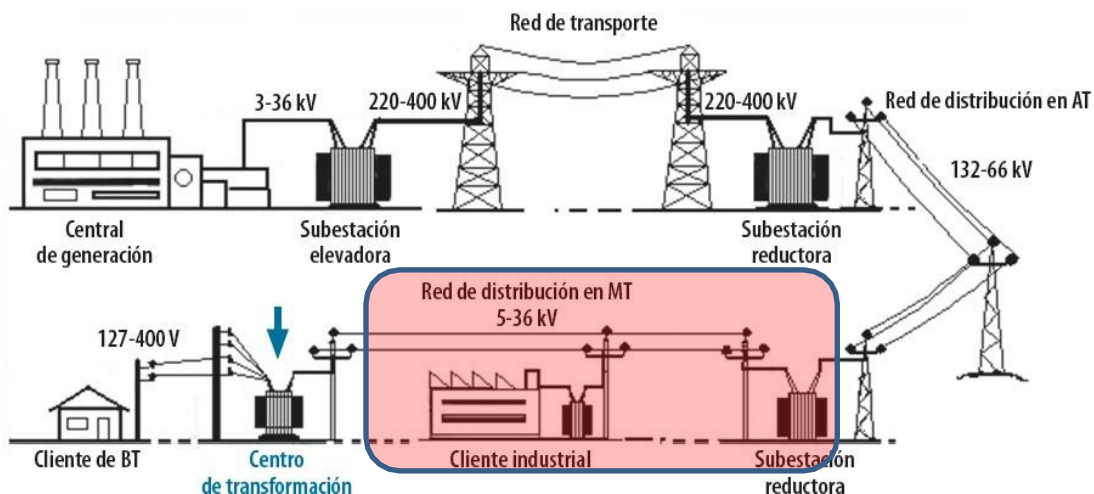


Figura 9 Redes eléctricas de media tensión.

Fuente: Instalaciones de distribución- EDITORIAL SÍNTESIS S.A. (2020).

2.1.3.4. Redes eléctricas en media y baja tensión de configuración subterráneas:

Son las encargadas del transporte de la energía eléctrica ya sea en media y baja tensión por debajo de la tierra. Las líneas en distribución eléctrica de media tensión y baja tensión subterránea están constituidas por cable con un aislamiento especial, además posee ciertas ventajas en comparación con la común distribución eléctrica aérea [11].

2.1.3.5. Ventajas de redes eléctricas de configuración subterráneas:

Dentro de las ventajas de una red subterránea están, confiabilidad del sistema eléctrico por no estar expuestas a intemperie y/o agentes externos que puedan ocasionar una falla, cuentan con mayor estética ya que no se encuentran visibles y no ocupan volumen de espacios, proporcionan mayor seguridad, no se encuentran expuestas al vandalismo, necesitan mantenimiento con menor frecuencia en comparación a las redes aéreas[11].

2.1.3.6. Desventajas de redes eléctricas de configuración subterráneas:

Las desventajas son; mayor costo inicial, complejidad al momento de ubicar fallas, poca facilidad para su mantenimiento, tiempo de construcción prolongado[11].

2.1.3.7. Partes principales de redes civiles subterráneas:

2.1.3.7.1. Canalizaciones TDP PVC 110mm:

La naturaleza semi-rígida de la tubería, por su diseño estructural y la flexibilidad dada por el material, asegura un excelente comportamiento en movimientos sísmicos y asentamientos diferenciales del terreno, brindando seguridad adicional al proyecto; además, en casos donde por la topografía o naturaleza del terreno se requiera hacer cambios de nivel o dirección en la canalización, el NOVADUCTO absorbe estos cambios, evitando el uso de cámaras intermedias, necesarias si se utilizaran tuberías convencionales [12].

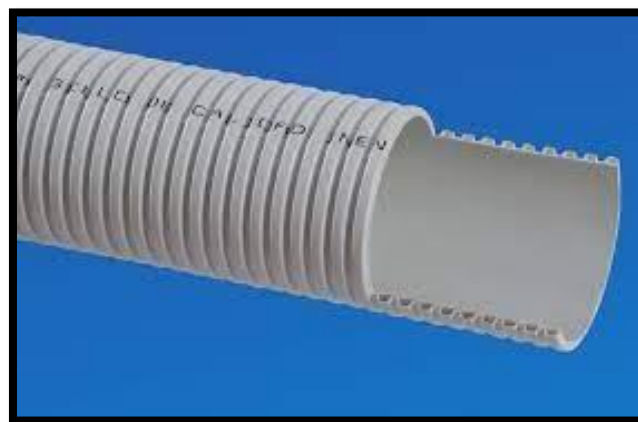


Figura 10 Corte de tubo TDP PVC
Fuente: Plastigama (2019).

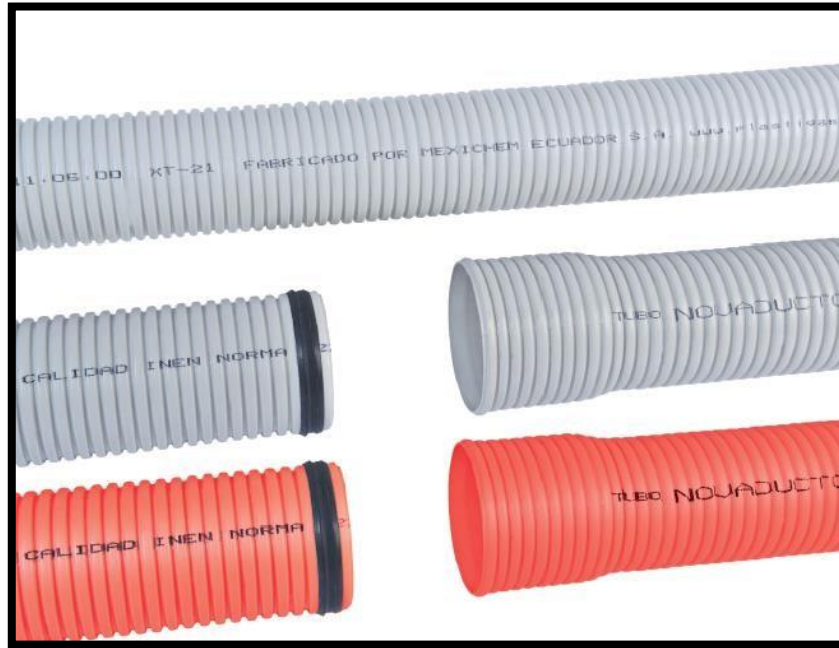


Figura 11 Vista bilateral de tubo TDP PVC
Fuente: Plastigama (2019).

2.1.3.7.2. Cajas de paso de hormigón:

Existen una gran variedad entre los más comunes son los de inspección, paso y de empalme que se usan para realizar conexiones, pruebas y futuras reparaciones. En este punto pueden llegar uno o varios circuitos que además pueden poseer equipos de maniobra, los cuales se utilizan para el tendido del y los cambios de trayectoria del cableado. La distancia que se tendrá entre las cajas de inspección puede definirse acorde a los cálculos realizados [11].

Los pozos o cajas ubicados en la calzada obligatoriamente deberán tener una tapa de grafito esferoidal (acero dúctil) clase D400-400 kN de dimensiones a asignar de acuerdo al tamaño de la caja, pudiendo ser de una o dos tapas articuladas de acuerdo a las longitudes de la caja, estas deberán cumplir con las especificaciones técnicas indicadas en este documento. Estas tapas dispondrán de un seguro de cierre de $\frac{1}{4}$ de vuelta con su llave respectiva entre la tapa y el marco. Las tapas en fundición dúctil, están soportadas en un marco de acero galvanizado, que provee el soporte y bisagras para las tapas. El diseño de la tapa provee un soporte antideslizante para los vehículos y peatones [13].

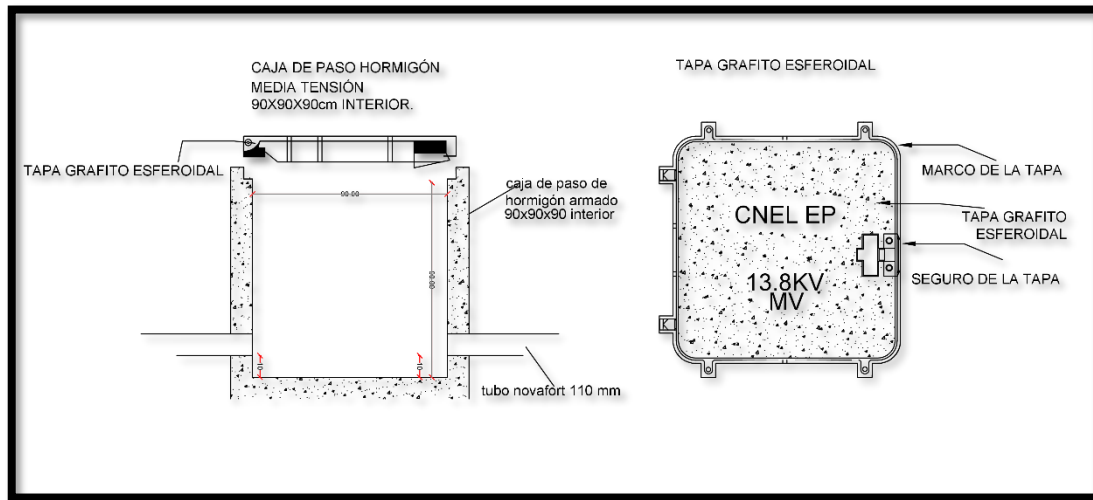


Figura 12 Caja de paso de hormigón de media tensión.

Fuente: Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2019).

2.1.3.8. Partes principales de redes eléctricas de configuración subterráneas:

2.1.3.8.1. Transformador:

Los transformadores son máquinas estáticas con dos devanados¹ de corriente alterna arrollados sobre un núcleo magnético. El devanado por donde entra energía al transformador se denomina primario y el devanado por donde sale energía hacia las cargas² que son alimentadas por el transformador se denomina secundario. El devanado primario tiene N_1 espiras y el secundario tiene N_2 espiras. El circuito magnético de esta máquina lo constituye un núcleo magnético sin entrehierros, el cual no está realizado con hierro macizo sino con chapas de acero al silicio apiladas y aisladas entre sí. De esta manera se reducen las pérdidas magnéticas del transformador [14].

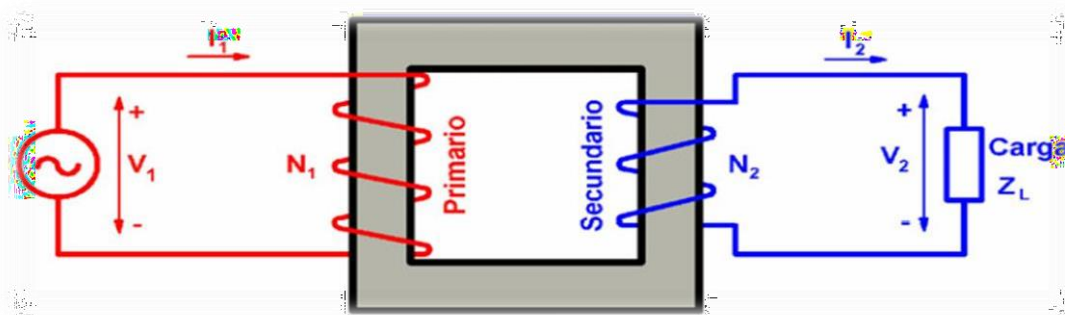


Figura 13 Principio de funcionamiento de un transformador monofásico.

Fuente: Máquinas Eléctricas I - G862, Miguel Ángel Rodríguez Pozueta (2015).

Según el grupo Inproel, nicamente para la distribución eléctrica subterránea se utilizan transformadores ya sean de tipo monofásico o trifásico para ambos casos se usan transformadores de tipo sumergibles o de pedestal también conocidos como pad mounted que cuentan con una protección integrada en el primario e instalado un pararrayos como protección contra sobretensiones [11].



Figura 14 Transformador trifásico pad mounted.
Fuente: Grupo Inproel, filial Moretran (2021).

2.1.3.8.2. Cables de media tensión:

La conjunción entre la alta tecnología empleada en la elaboración de los cables de Alta Tensión y la larga experiencia de PRYSMIAN SPAIN, S.A. en la formulación de mezclas especiales de EPR han permitido la creación de un aislamiento de aplicación en la Media Tensión a base de Etileno-Propileno de Alto Módulo (HEPR) capaz de trabajar a un alto gradiente (lo que significa menores espesores de aislamiento) y, además, no sólo mantener todas las cualidades inherentes a los tradicionales aislamientos de EPR, sino incluso superarlas. Al poder trabajar a una temperatura de servicio de 105C°, estos cables tienen la posibilidad de transmitir más potencia que cualquier otro cable de la misma sección. Además, sus menores dimensiones hacen de él un cable más manejable, menos pesado y más fácil de transportar. (Los cables satisfacen los ensayos establecidos en la norma IEC 60502-2) [15].

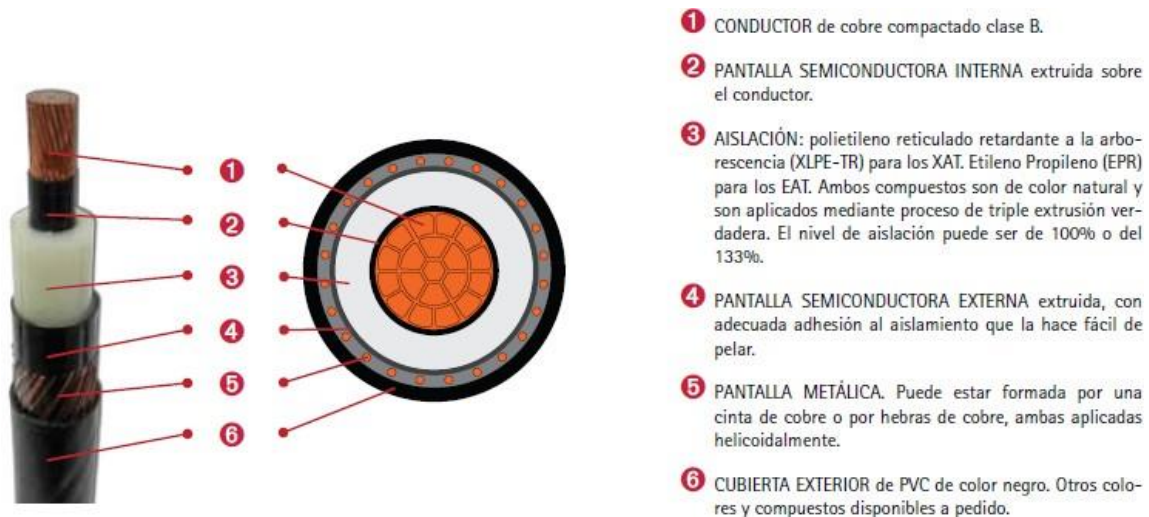


Figura 15 Cable de media tensión

Fuente: Centelsa (2016).

2.1.3.8.3. Conectores bajo operación de carga tipo codo:

El Conector Tipo Codo de Operación con Carga de Cooper Power Systems es una terminación desconectable totalmente sellada, para la conexión de cable subterráneo a transformadores, gabinetes de seccionamiento y cajas derivadoras equipados con boquillas de operación con carga. El conector tipo codo y la boquilla tipo inserto son los componentes esenciales para todas las conexiones de operación con carga. El Conector tipo Codo de Cooper es un dispositivo para operación con 200 A, diseñado de acuerdo a la última versión de la norma IEEE Std 386™. Los Codos de Operación con Carga Cooper son moldeados con caucho EPDM aislante y semiconductor, curado con peróxido, de alta calidad [16].

Las características estándar incluyen un conector con punta de cobre, un electrodo de cobre estañado para operación con carga con una punta de arqueo, y un anillo de operación de acero inoxidable. Un punto de prueba capacitivo, hecho con polímero resistente a la corrosión, está disponible para su uso con indicadores de falla. Los rangos del cable están diseñados para aceptar una gama amplia de tamaños de conductores y aislamientos con sólo tres codos, y se pueden utilizar con cables fabricados con estándares AEIC o ICEA. El conector de compresión con punta de cobre es una parte estándar para la transición del cable al electrodo de operación con carga. El barril de compresión de aluminio está soldado a la punta de cobre, asegurando

una conexión confiable, firme y de operación libre de puntos calientes con el electrodo de operación con carga [16].



Figura 16 Conector codo a 200A
Fuente: Comisión federal de electricidad (2015).

2.1.3.8.4. Conector inserto de buje:

Serie Cooper Power™ de Eaton de 25 kV ventilados buje inserta roscas en un buje universal bien y utiliza un diseño patentado con un cobre trayectoria de corriente. La naturaleza sencilla de el diseño de la ruta actual ofrece una calidad superior y confiable. rendimiento.

El anillo indicador del pestillo, ubicado en la circunferencia del collar del casquillo, elimina las conjeturas de la instalación del codo rompecarga en el inserto del casquillo. El anillo amarillo brillante proporciona retroalimentación inmediata para determinar si el codo está correctamente instalado en el inserto. Si el anillo amarillo está completamente cubierto por el codo rompecarga, es completamente cerrado. Si el anillo es visible, el codo puede ser instalado correctamente antes de que pueda ocurrir cualquier problema. Inserto de buje rompecarga de 25 kV con indicador de pestillo se muestra para aplicaciones en transformadores, interruptores y otros aparatos. La versión más larga se muestra para su uso siempre que se aumenta el espacio libre desde la placa frontal del equipo[17].



Figura 17 Conector inserto buje

Fuente: Cooper Power Series/ CA650074EN effective september (2019).

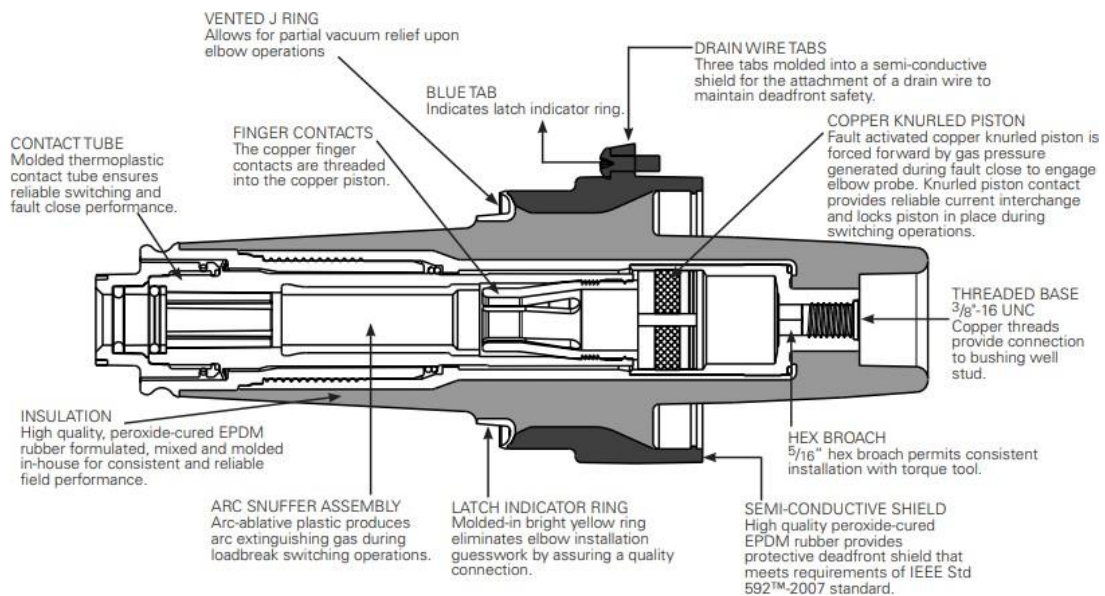


Figura 18 Conector inserto buje (Corte lateral)

Fuente: Cooper Power Series/ CA650074EN effective september (2019).

2.1.3.8.5. Redes eléctricas baja tensión de configuración subterráneas:

Las redes de baja tensión parten de los centros de transformación para suministrar a los consumos finales en un área geográfica pequeña, dado que las pérdidas son significativas en baja Tensión. En la mayoría de los casos el consumo final se lleva a cabo en baja tensión por razones claras de seguridad para los usuarios. A diferencia de las redes de distribución, muchos consumos en baja tensión son monofásicos, especialmente los correspondientes a usuarios residenciales y comerciales, los cuales se conectan entre dos fases o entre fase y neutro. En entornos rurales, las redes de baja tensión que parten de un centro de transformación alimentan

a un conjunto de viviendas, mientras que en un entorno urbano suelen alimentar a un bloque de pisos o apartamentos[1].

De importancia crucial en las redes de baja tensión es el sistema de protección de los usuarios. Los puntos de suministro a clientes y sus correspondientes redes de baja tensión incorporan sistemáticamente la protección diferencial y protecciones contra sobretensiones y sobrecorrientes, así como adecuadas puestas a tierra de los elementos no energizados (accesibles al usuario) de los aparatos de consumo. Las redes de baja tensión se construyen con líneas subterráneas de cable aislado y con líneas aéreas, bien con conductor desnudo o con cable aislado (típicamente cables trenzados en haz)[1].

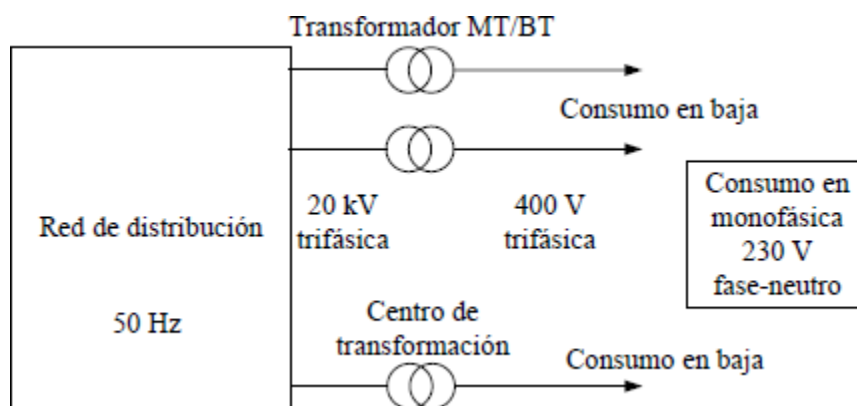


Figura 19 Suministro en baja tensión a través de la red de distribución

Fuente: INSTALACIONES ELÉCTRICAS Antonio Jesús Conejo Navarro José Manuel Arroyo Sánchez, Federico Milano, Natalia Alguacil Conde, José Luis Polo Sanz, Raquel García Bertrand, Javier Contreras Sanz, Antonio Clamagirand Sánchez, Luis López García(2007).

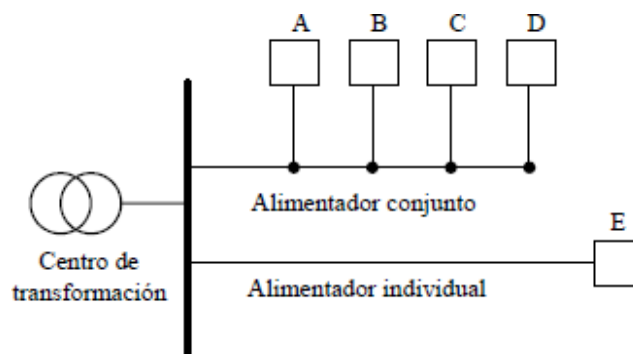


Figura 20 Suministro en baja tensión a través de la red de distribución

Fuente: INSTALACIONES ELÉCTRICAS Antonio Jesús Conejo Navarro José Manuel Arroyo Sánchez, Federico Milano, Natalia Alguacil Conde, José Luis Polo Sanz, Raquel García Bertrand, Javier Contreras Sanz, Antonio Clamagirand Sánchez, Luis López García(2007).

2.1.3.8.6. Conectores barraje de goma/gel:

El gel encapsulante PowerGel de Raychem es el sistema más moderno y rápido para aislar y sellar conexiones eléctricas de baja tensión en un rango amplio de temperaturas de operación (-40°C a 105°C). El PowerGel fluye visco-elásticamente sometido bajo presión, relleno cada espacio y desplazando hacia el exterior la humedad. Gracias a la hermeticidad y sellado del PowerGel, el punto de conexión queda libre de humedad y protegida contra la corrosión. Su instalación es totalmente rápida, no se requiere de herramientas especiales y es fácilmente re-entrable. El PowerGel también es resistente a la radiación UV y puede ser utilizado en sistemas subterráneos y aéreos en acometidas residenciales, sistemas de iluminación y comercios e industrias [18].



Figura 21 Barraje puerto gel
Fuente: TycoElectronics (2019)



Figura 22 Caja de paso de baja tensión con barraje puerto gel para acometidas domiciliarias con configuración subterránea.

Fuente: Urbanización La Perla, Inesa S.A. (2020).

2.1.3.8.7. Caída de tensión:

La caída de voltaje es mayor en sistemas de distribución de voltaje más bajos, con poco factor de potencia. Las principales formas de reducir la caída de voltaje son: Aumentar el factor de potencia, equilibrar circuitos, convertir secciones monofásicas en trifásicas, reducir la carga y reducir la longitud. En muchos casos, se puede vivir con una caída de voltaje significativa siempre y cuando haya un buen equipo de regulación de voltaje para ajustar la caída de voltaje en el circuito. También existen los problemas regulares de voltaje, algunos son fáciles de arreglar; otros no lo son. Primero, se revisa el secundario, antes de ir al primario, se verifica que el problema de voltaje este aislado de los clientes en el secundario. Si se produce una caída de tensión en el secundario, hay que comprobar las cargas, asegúrese de que el transformador no esté sobrecargado. Si el problema es en el primario, puede ser: el desequilibrio excesivo y tendríamos que equilibrar las corrientes, esto ayuda a reducir la caída de tensión y revisar los condensadores, que no haya fusibles quemados[10].

La caída máxima de tensión para el servicio monofásico en baja tensión, según lo establecido por la distribuidora del sector deberá ser en el orden de hasta el 8% del voltaje nominal a instalar acorde a lo estipulado en la Regulación Nro. ARCONEL 005/18 con resolución Nro. ARCONEL 053/18 capítulo 2 numeral 8.2 [33], es decir que si el servicio de baja tensión suministrado será de 120 V / 240 V para cada usuario se aceptará la caída de voltaje máxima en el orden de los 9,6 V / 19,2 V respectivamente [19].

2.1.3.8.8. Reducción de Voltaje:

Las empresas pueden usar ajustes de voltaje como una forma de administrar la carga del sistema. La reducción de voltaje puede reducir el consumo de energía y / o reducir el pico de la demanda. Ciertos estudios han demostrado aproximadamente una relación de respuesta lineal entre el voltaje y el uso de energía: una reducción del 1% en el voltaje reduce la energía usada en un 1% (o poco menos del 1%, según el estudio). La reducción de voltaje funciona mejor con cargas resistivas porque la potencia consumida por una carga resistiva disminuye con el voltaje al cuadrado[10].

La iluminación es una carga resistiva dominante; por ejemplo, la potencia de las luces incandescentes varía a medida del voltaje. Las cargas residenciales y comerciales tienen porcentajes más altos de cargas resistivas. La reducción de voltaje funciona mejor en alimentadores con trayectorias cortas, aquellos que no tienen tanta caída de voltaje. En estos, podemos controlar la reducción solo a través de ajustes de los ajustes del regulador LTC de la estación. Es sencillo configurar un sistema donde los operadores pueden cambiar el voltaje establecido de la estación a través de SCADA [10].

2.1.3.8.9. Redes eléctricas de alumbrado público:

Es un servicio público de tipo no domiciliario que se presta con el fin de iluminar espacios o lugares de libre circulación, que incluyen las vías públicas, los parques y demás lugares que se encuentren a cargo del municipio, con el objetivo de permitir el desarrollo de actividades nocturnas dentro del perímetro urbano y rural. La función principal es proporcionar condiciones de iluminación que generen sensación de seguridad a los peatones y una adecuada visibilidad a los conductores de vehículos en zonas con alta circulación peatonal [20].

El alumbrado público es un servicio de suma importancia en la sociedad. Por la visibilidad idónea para poder cumplir actividades peatonales y vehiculares. Las variables que influyen en la determinación de una red de alumbrado público son, complejidad y la velocidad de la vía, Este factor hace referencia a la infraestructura de la vía. El control de tráfico hace referencia a la presencia de indicaciones de tránsito, así como la existencia de regulaciones. Tipos de usuarios de la vía este factor está relacionado con los diferentes usuarios de la vía. [21].

Dentro de los requisitos para un sistema de alumbrado público está la visibilidad, la cual reza que a iluminación de un sistema de alumbrado público debe garantizar el correcto desarrollo de las actividades vehiculares y peatonales, por lo que se debe considerar la confiabilidad de la percepción y la comodidad visual, aplicando la cantidad de luz necesaria sobre el área visualizada, esto se logra mediante una cuidadosa selección de la fuente y la luminaria, teniendo siempre en cuenta el desempeño fotométrico de la misma. Una buena visibilidad va de la mano de una correcta Inter distancia, una altura de montaje idónea y la menor potencia eléctrica de la fuente [21].

La cantidad y calidad de luz, que consiste en aplicar la cantidad adecuada de luz sobre un área determinada y que cumpla con las normas de calidad establecidas, permitiendo una circulación cómoda y segura tanto de vehículos y peatones en la noche, la seguridad que se basa en permitir a los usuarios que circulen a velocidad adecuada y evitar un obstáculo cualquiera. El criterio de seguridad establece que un obstáculo fijo o móvil constituido por una superficie de 0,20 m x 0,20 m con un factor de reflexión de 0,15 debe ser visible y por último la comodidad visual, está constituido principalmente por la visión de la calzada al frente del volante y en menor grado por la información que le puede llegar al conductor proveniente de las señales de tránsito. Por lo tanto, la comodidad visual es una importante característica, debido a que la falta de la misma reduce la concentración de los conductores y su capacidad de reacción debido al cansancio que se produce cansancio visual [21].

Los aspectos técnicos del sistema de alumbrado público son:

- Luminancia promedio de la calzada, se define como la media aritmética de las luminancias obtenidas en los puntos de cálculo. Este es el valor mínimo que debe mantenerse a lo largo de la vida útil de la instalación, y depende de la distribución de la luz de la luminaria, el flujo luminoso de las lámparas y de las propiedades de reflexión de la calzada [21].
- Uniformidad general de luminancia de la calzada, se define como la relación entre la luminancia mínima y la luminancia promedio de la vía, tiene como finalidad mantener un nivel de iluminación uniforme en toda la vía, consiguiendo una mayor adaptación del ojo y un mejor reconocimiento de los objetos [21].
- Uniformidad longitudinal sobre la calzada, se define como la relación entre la luminancia mínima y la luminancia máxima de la vía, medida o calculada en dirección longitudinal a lo largo del eje central de cada carril de circulación [21].
- Relación de alrededores, es la relación entre la iluminancia promedio en bandas de 5 m de ancho (o menor si la zona no lo permite) adyacentes a los dos bordes de la calzada, para la iluminancia promedio en bandas de 5 m de ancho (o la mitad del ancho si es inferior) dentro de la calzada. Para calzadas dobles, ambas calzadas se consideran como si fueran una única, a menos que estén separadas por más de 10 m [21].

2.1.4. Programas utilizados para el diseño de la propuesta

2.1.4.1. Software de distribución CYMDIST:

CYMDIST es el conjunto base para el análisis del sistema de distribución del software CYME. Reúne a todas las herramientas de modelado y análisis necesarias para realizar los diversos tipos de simulaciones involucradas en la planificación del sistema de distribución eléctrica. Los motores de cálculo admiten modelos de distribución balanceados o desbalanceados que se construyen con cualquier combinación de fases y funcionan en configuraciones de tipo radial, anillado o mallado [22].

El paquete CYMDIST comprende los siguientes análisis:

- Flujo de carga desbalanceado
- Distribución y estimación de carga
- Análisis de fallas:
- Flujo de falla/cortocircuito
- Localizador de fallas
- Falla serie y falla simultánea
- Caídas de tensión
- Balance de carga
- Dimensionamiento y ubicación
- óptima del condensador
- Arranque de motor
- Análisis por lotes

Se pueden agregar módulos opcionales a CYMDIST a fin de extender la funcionalidad para realizar más análisis detallados y especializados. Regularmente se desarrollan nuevos módulos para satisfacer las necesidades cambiantes de los ingenieros de distribución[22].

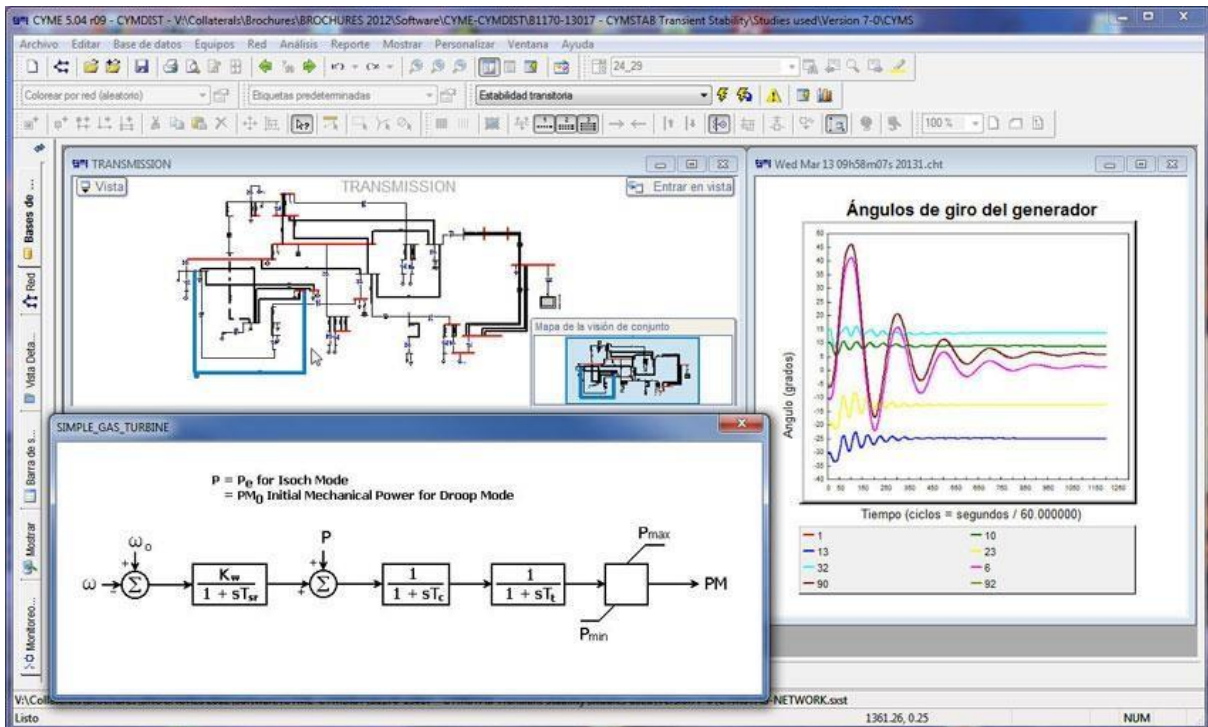


Figura 23 Análisis de estabilidad transitoria
Fuente: Eaton (2020).

2.1.4.2. Software de iluminación Dialux Evo:

Es un programa que permite planificar, calcular y visualizar la iluminación de las zonas tanto interiores como exteriores. Desde edificios enteros y habitaciones individuales hasta aparcamientos o iluminación de vías. Crea una atmósfera única con productos reales de nuestros socios de DIALux y convénzala a su cliente con un proyecto de iluminación individual. DIALux evo se divide en un modo simple y un concepto de herramienta. En cada modo encontrará herramientas típicas para trabajar con cada una de ellas; Los proyectos de DIALux evo se pueden cargar muy fácilmente en ambas versiones siempre que la RAM tenga la capacidad requerida disponible [23].

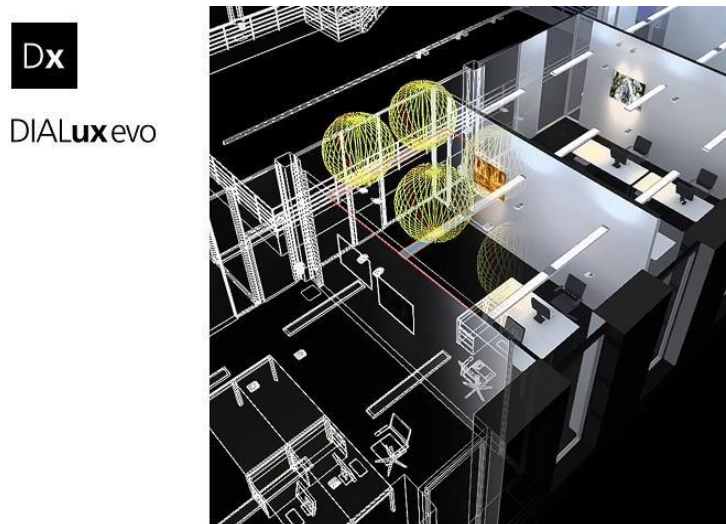


Figura 24 Programa Dialux Evo
Fuente: Inesa S.A. Grupo Inproel (2021).

2.1.4.3. Auto Cad:

AutoCAD Es un software de diseño por computadora utilizado para dibujos 2D y 3D desarrollado por Autodesk. Utilizado desde su primera aparición en 1982 en COMDEX (Computer Dealers' Exhibition), hasta la actualidad como un software reconocido internacionalmente por su capacidad de edición, que hacen posible dibujo digital de planos o la creación de imágenes en 3D. En este manual enfocado a los que es software AutoCAD 2020 por Autodesk es el más usado en la actualidad en las empresas y el básico inicial de todos los softwares CAD/CADD que hay en el mercado, donde puede hallar diversas aplicaciones y herramientas en la industria para el manejo de un software CAD como por ejemplo la industria manufacturera, arquitectura, instalaciones eléctricas, diagramas entre otras. Los ingenieros mecánicos, electricistas, pueden realizar dibujos técnicos con facilidad y practicidad. Con la intención de resolver problemas diseño, producción y operación en la industria. este material con los ejercicios expuestos y la explicación de los comandos el usuario será capaz de dominar el software y tener la preparación necesaria para adentrarse en el diseño [24].



Figura 25 Pantalla de inicio autocad

Fuente: Oswaldo Geovanni Aguilar Montiel, Cuautitlán Izcalli, Edo. De México (2020).

2.1.4.4. Etap:

El software ETAP es una de las herramientas más versátiles y modernas a nivel mundial para el estudio de los sistemas eléctricos de potencia. Dentro de los estudios de mayor relevancia para la planeación, operación y mantenimiento de los sistemas eléctricos se encuentran los análisis de flujo de carga, cortocircuito y coordinación de protecciones [25].



Figura 26 Pantalla de inicio Etap

Fuente: Mendieta Yepes, S. B. Universidad de La Salle, Bogotá (2015).

CAPITULO III

3.1. DESARROLLO DEL FUNCIONAMIENTO

3.1.1. FACTIBILIDAD DE SERVICION PARA DISEÑO DE PROYECTO:

Sí la demanda declarada de un usuario es mayor a 12 kW, el ente distribuidor de electricidad deberá realizar un estudio que evalúe la factibilidad de conexión del nuevo consumo al sistema de distribución, que sirva de referencia para definir el punto de entrega. La profundidad de este análisis dependerá del consumo a conectarse, del nivel de voltaje requerido y de las condiciones de la red de distribución; y, estará a criterio el ente distribuidor de electricidad. Para el efecto, el aspirante o solicitante deberá proveer la información de sus instalaciones eléctricas y de las características de la carga que requiera la Distribuidora para la realización de dichos estudios. El ente distribuidor de electricidad será responsable de establecer y aprobar el esquema de conexión y protección que garantice el cumplimiento de los criterios técnicos de calidad y seguridad, al mínimo costo. Para todos los diversos valores de voltaje, este esquema de conexión deberá obligatoriamente contar con un sistema de corte, protección y maniobra que asegure que las fallas y maniobras en las instalaciones del consumidor no interfieran con las condiciones normales de operación y de continuidad del servicio del resto del sistema de distribución. Para el efecto, los estudios de factibilidad de conexión realizados por la Distribuidora deberán demostrar el cumplimiento de estas condiciones, como un paso previo a la prestación del suministro. Las consecuencias de las fallas que se trasladen de las instalaciones del consumidor a la red de distribución, por ausencia de un sistema de corte, protección y maniobra, serán de responsabilidad del ente distribuidor de electricidad. La operación inadecuada del esquema de conexión, debida a información inexacta proporcionada por el solicitante, será de responsabilidad de el mismo. Los informes de los estudios de conexión podrán ser solicitados por la ARCONEL, en ejercicio de sus atribuciones de control [26].

3.1.2. BAJANTE DE MEDIA TENSION:

Partiendo de la estructura del esquema y configuración de las redes eléctricas, la puesta en marcha del presente proyecto estará prevista desde la red de distribución del poste N°173729 a

cada uno de los transformadores de la urbanización Boschetto, posteriormente cada uno de ellos entregará los niveles de voltaje requerido por los abonados.

La red de distribución del alimentador Chongón se caracteriza por manejar niveles de media tensión, en este caso 13800 voltios, una vez derivado el alimentador en media tensión es vital la protección de las redes, para ello se deberá contemplar una partida de seccionador fusible unipolar 100A/15KV para proteger la red de cortocircuitos y sobrecargas, así como una partida de pararrayos que protegerán de descargas atmosféricas y sobretensiones, éstas prevista con las exigencias del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador.

3.1.3. FUSIBLES:

Los fusibles juegan un papel fundamental en la protección de las redes eléctricas, los mismos están basados en el efecto Joule, es decir si la corriente que circula por el fusible es mayor que un valor determinado durante un tiempo suficiente, la temperatura en algunas partes del fusible aumenta hasta alcanzar la temperatura de fusión del material del fusible manteniendo así aislada la red en cuestión de la fuente de energía hasta despejarse la posible falla y restituir nuevamente el fusible[1].

3.1.3.1. CALCULO DE FUSIBLE EN BAJANTE DE TRANSICION:

Para el caso de estudio Urbanización Boschetto la demanda efectiva del proyecto será la siguiente:

TERNA		FASE			TOTAL, KVA
		A	B	C	
PRIMERA	ANILLO	250	262.5	287.5	800
ACOMETIDA	TOTAL	250.00	262.50	287.50	800

Tabla 1 Demanda efectiva de Boschetto.

Con esta demanda se procede a calcular la corriente nominal del proyecto en media tensión se calcula mediante la Ley de Vatio, la cual reza que la potencia eléctrica se mide en unidad de vatios, como homenaje a James Watt, quien llevo a cabo los trabajos que para el establecimiento de los conceptos de potencia, y dictó la llamada Ley de Watt. La potencia

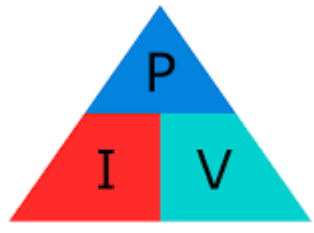
eléctrica suministrada por un receptor es directamente proporcional a la tensión de la alimentación (v) del circuito y a la intensidad (I) que circule por él [27].

P= Potencia nominal del circuito

In= Corriente nominal del circuito

V= Voltaje nominal del circuito

Ip =Corriente de protección



$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V}$$

$$I_n = \frac{800 \text{KVA}}{\sqrt{3} \cdot (13.8 \text{KV})} = 33.51 \text{A}$$

$$I_p = I_n \cdot 25\%$$

$$I_p = 33.51 \text{A} \cdot 25\% = 41.88 \text{A}$$

Tirafusible a seleccionar= 50A

La tira fusible a seleccionar en la bajante de transición de acuerdo a la demanda será de 50 Amperios.

Según la corriente calculada el conductor seleccionado para la red de media tensión será calibre #2 AWG XLPE de 36mm² en la sección nominal, siendo la sección del conductor de 6.9mm² de temperatura máxima 90°C, y su ampacidad entre los rangos de 5001V-35000V con una corriente máxima de 165A estipulado en la tabla 310-60 (c) (82) del NEC

3.1.4. MALLA A TIERRA:

El sistema de puesta a tierra abarca todo tipo de conexión entre un equipo o elemento metálico directo a tierra, considerando que en esta conexión no hay ninguna clase de protecciones como fusibles o breakers. Esta conexión se realiza por medio de electrodos o grupos de electrodos enterrados en el suelo, logrando eliminar voltajes provenientes de la superficie, edificios

aledaños o conexiones cercanas, además de, permitir las corrientes de falla o de descargas atmosférica[28].

3.1.4.1. PARTES DE UNA MALLA A TIERRA:

El sistema de puesta a tierra está conformado principalmente por estos tres elementos detallados a continuación, conductores, electrodos, conectores y accesorios.

3.1.4.2. APLICACIONES DE UNA MALLA A TIERRA:

Existen puesta a tierras de protección para eventos atmosféricos, protección para señales electrónicas, protección para elementos electrónicos, protección para equipos eléctricos y protección para sistemas eléctricos. Todas estas aplicaciones son utilizadas en los proyectos de urbanizaciones[28].

3.1.4.3. RESISTENCIA MAXIMA DE PUESTA A TIERRA ADMITIDOS NORMA IEEE.

APLICACIÓN	VALORES MAXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Punto neutro de acometida en baja tensión.	25 Ω
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10 Ω

Figura 27 Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

Fuente: Normas técnicas IEC 60364-4-42, ANSI/IEEE 80, NTC 2050 y NTC 4552/ Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE(2013).

3.1.4.4. DIMENSIONAMIENTO DE MALLA A TIERRA PARA EQUIPO DE INTERRUPCION SUBTERRANEO EN URBANIZACIONES:

La geometría de la malla presenta características longitudinales para el diseño y puesta en marcha de la malla a tierra, así como: el espacio entre conductores o electrodos (D) deben estar en el rango de 3 metros (m) hasta 15 m. La profundidad (h) deben estar entre 0.5 m hasta un máximo de 1.5 m. El calibre de los cables va desde los 2/0 hasta los 500 MCM (o kcmil), el diámetro del conductor no afecta sensiblemente a la tensión de la malla [29]

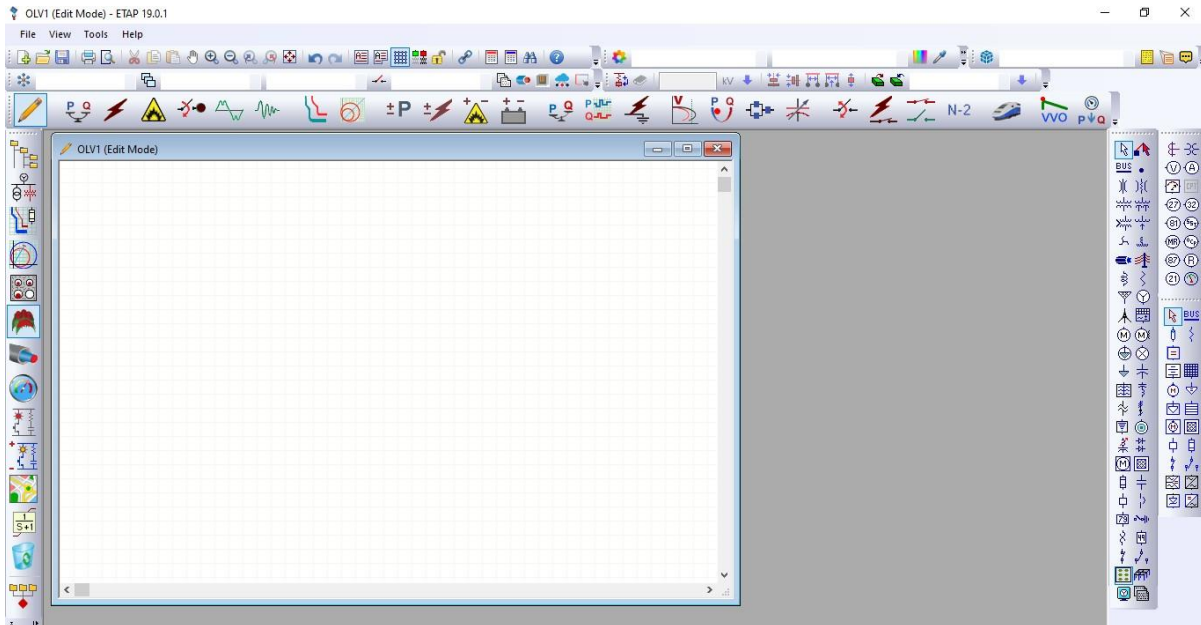


Figura 28 Pantalla principal de Etap 19.0.1
Fuente: Etap 19.0.1

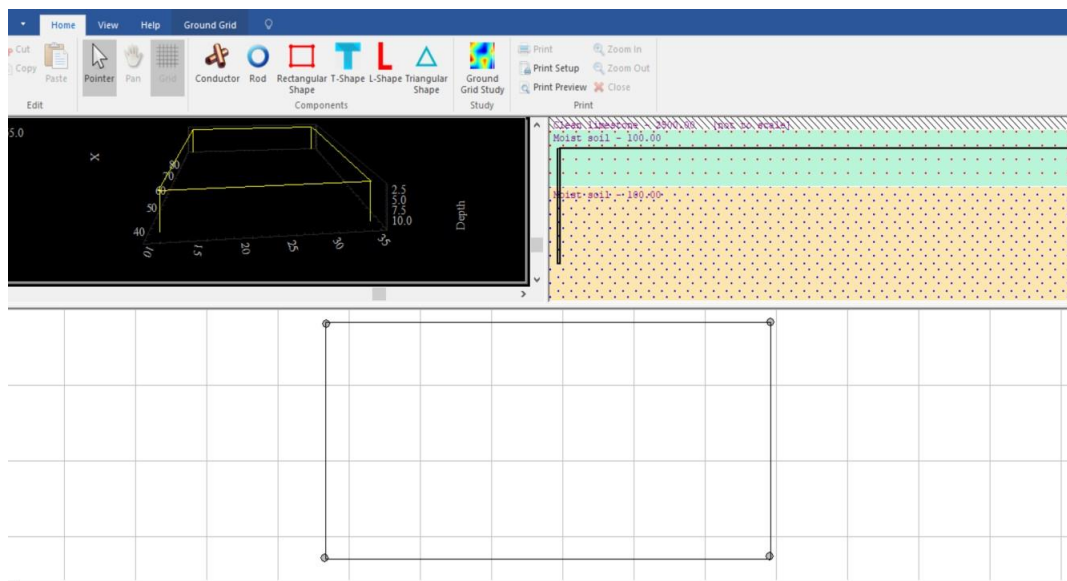


Figura 29 Dimensionamiento malla a tierra en Etap 19.0.1
Fuente: Etap 19.0.1

3.1.5. PARARRAYO:

En el caso de los pararrayos o también llamados limitadores de tensión se utilizan para limitar las sobretensiones transitorias producidas principalmente por descargas atmosféricas y también

por maniobras. estas sobretensiones se propagan a través de las líneas y pueden alcanzar valores perjudiciales para los aislamientos de los transformadores y de las cargas. Los pararrayos mantienen la tensión entre los terminales del equipo protegido por debajo de su nivel de aislamiento, derivando a tierra las cargas que originan el exceso de tensión. Sin embargo, los pararrayos no evitan la formación de las sobretensiones en los sistemas eléctricos, pero detectan y eliminan las sobretensiones peligrosas[1].

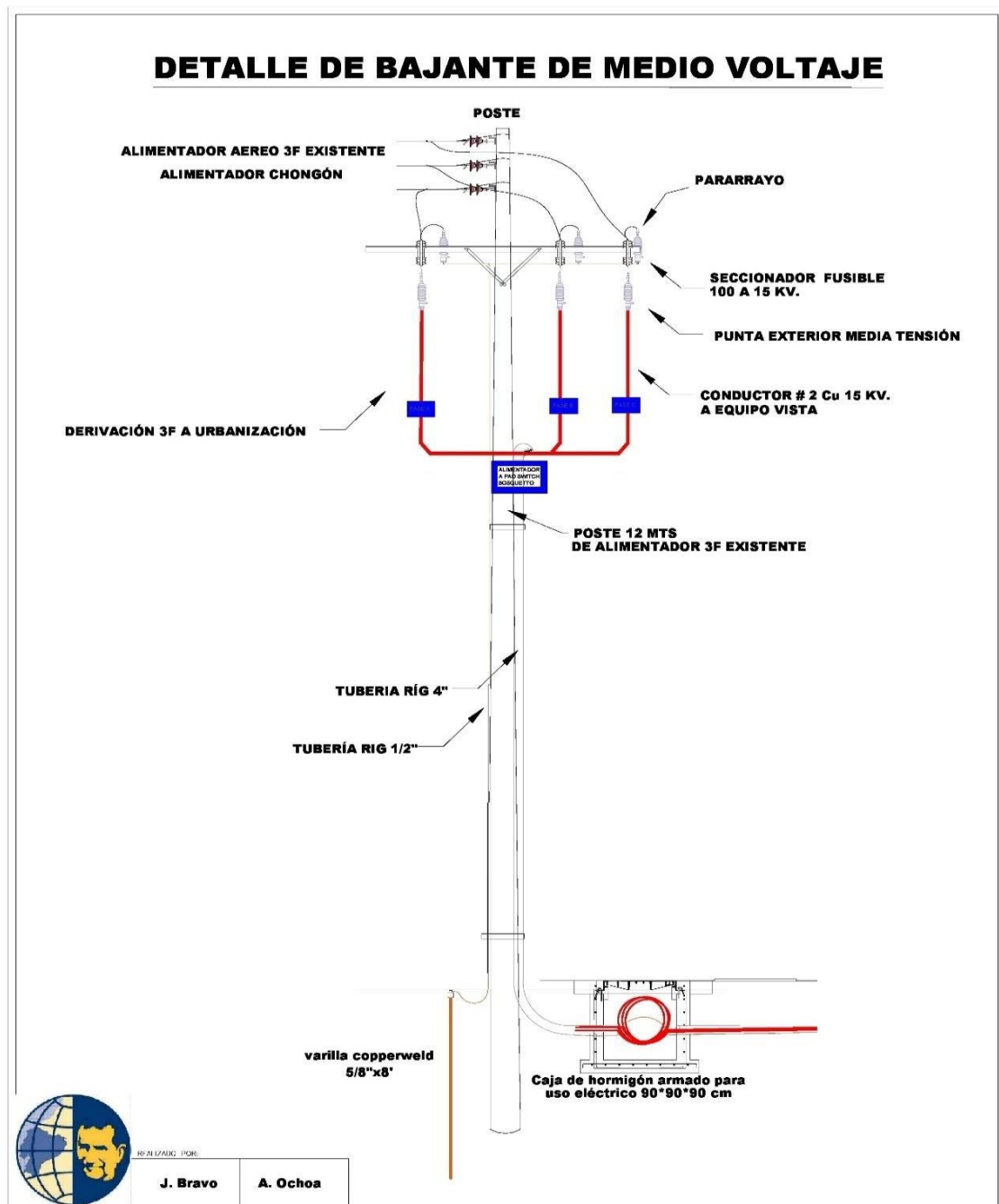


Figura 30 Bajante de transición

Fuente: Caso de estudio Boschetto, Inesa S.A./ Dibujo Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

3.1.6. EQUIPO DE INTERRUPCION SUBTERRANEO:

Considerando el nivel de voltaje de la bajante, es necesaria la instalación de un equipo que tenga la capacidad de distribuir y proteger de forma monopolar anillos secundarios para los cables alimentadores de media tensión. En este caso debido a la topología y configuración del proyecto se deberá utilizar un interruptor de distribución subterránea vista tipo pad mounted preferiblemente de la marca S&C modelo 312.

Es por eso que se ha considerado el interruptor de distribución subterráneo modelo 312, puesto que su configuración y dinámica de trabajo cuenta con un seccionador interruptor de carga para seccionar alimentadores troncales o principales de 600 amperios, esta vía es la reflejada en 1 del número 312, así como también dos derivaciones, laterales o circuitos secundarios de 200amperios, estas vías son las reflejadas en el 2 del número del modelo 312, para un total de 3 vías que sería el número 3 del modelo. Todas Estas vías estarán conectadas mediante codos de acuerdo a su corriente nominal. Los interruptores de distribución subterráneos están encerrados en un tanque de acero soldado y con aislamiento en SF₆ (Hexafluoruro de Azufre), totalmente protegidos contra el medio ambiente[30].

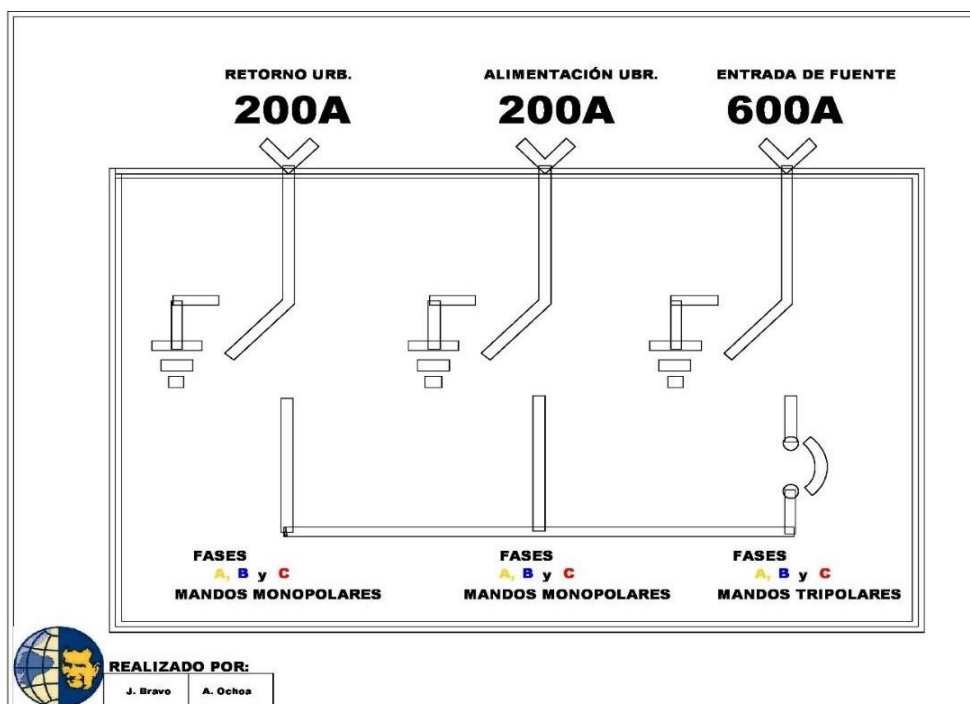


Figura 31 Diagrama unifilar equipo vista modelo 312

Fuente: S&C Electric Company (2007) / Dibujo Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

Como se puede apreciar en la figura anterior, a la salida del equipo interruptor principal se originarán 3 anillos secundarios monopolares, es decir un anillo por fase, cada uno de ellos será el encargado de energizar a los transformadores monofásicos padmounted; a su vez estos recibirán en su devanado primario 7.967 voltios y lo convertirán para obtener en sus devanados secundarios o de baja tensión 240 voltios entre fase-fase y 120 voltios entre fase-neutro.

Para la bajante de la fuente de energía prevista desde el poste del alimentador Chongón hasta la vía tripolar de 600A del interruptor subterráneo se ha considerado un alimentador 3#1/0 XLPE 15 KV de 100% aislamiento más 1#2 Cobre desnudo para la tierra y desde las salidas monopolares del equipo antes mencionado hasta cada uno de los transformadores pad mounted se ha seleccionado 1#2 XLPE 15 KV de 100% de aislamiento más 1#4 Cobre desnudo para la tierra, de acuerdo con las cargas y sus distancias.

3.1.7. CABLES ALIMENTADORES EN MEDIA TENSION:

Para considerar la elección de los cables de media tensión mencionados anteriormente, se ha tomado en cuenta el nivel de aislamiento XLPE (polietileno reticulado retardante a la arborescencia) Preferiblemente usados en redes urbanas. Los EAT son apropiados para aplicaciones donde sea necesaria mayor flexibilidad que la que presentan los XAT. Estos cables satisfacen y/o exceden los requerimientos de la norma ICEA S-93-639 y lo establecido en el Sistema de Gestión de Calidad de General Cable/Cocesa ISO 9001[31].

La llegada de los alimentadores en media tensión monofásicos provenientes del pad switch llegaran a los bushing de los devanados primarios de los transformadores, Un transformador pad mounted o tipo pedestal está construido en una cabina de acero cerrada, la cual estará prevista sobre una base de hormigón, de allí su nombre en inglés. La cabina metálica deberá estar sólidamente aterrizada. De esa forma todos los puntos que se puedan encontrar energizados estarán encerrados en dicha cabina. Por esta razón este tipo de transformadores son utilizados en redes subterráneas, pues los conductores entrarán al transformador por la parte inferior del mismo [32].

3.1.8. TRANSFORMADORES PAD MOUNTED MONOFASICO CON TOPOLOGIA ANILLO EN MEDIA TENSIÓN:

Un transformador pad mounted o tipo pedestal es un transformador, construido en una cabina de acero cerrada, la cual estará montada sobre una plataforma de concreto, de allí su nombre en inglés. La cabina metálica deberá estar sólidamente aterrizada. De esa forma todos los puntos que se puedan encontrar energizados estarán encerrados en dicha cabina. Por esta razón este tipo de transformadores son utilizados en redes subterráneas, pues los conductores entrarán al transformador por la parte inferior del mismo. En la fig. 1 se puede apreciar un transformador tipo pedestal instalado de la EEQ S.A [32].

Los transformadores a instalarse deberán ser del tipo PAD MOUNTED, construido para montaje en exteriores, con sus respectivos compartimientos de alta y baja tensión, con arrollamientos sumergidos en aceite y diseñado para una sola etapa de enfriamiento (Circulación natural de aceite y aire, ONAN, auto enfriado). Deberán ser de sellado hermético y estará provisto de todos los accesorios necesarios para su instalación completa[33].

Deberán ser ensamblado completamente en fábrica, apropiadamente diseñado y construido para garantizar la máxima seguridad para el personal bajo todas las condiciones de operación, inspección y mantenimiento[33].

Condiciones de Operación de un transformador pad mounted.

- Los transformadores deberán ser diseñado para suministrar la potencia continúa garantizada, en todas sus etapas de enfriamiento y en todas las tomas de regulación.
- Los transformadores deberán funcionar con un nivel de ruido que no exceda lo establecido por la norma indicada, debe estar bajo los límites, como se especifique en los estándares, códigos y regulaciones aplicables y debe estar sujeto a la aprobación de CNEL EP.
- Todas las piezas serán fabricadas con dimensiones precisas, de tal manera que se garantice su intercambiabilidad.

Normas y regulaciones a considerar para las especificaciones de los transformadores: Mientras no se indique explícitamente lo contrario dentro de estas especificaciones, los transformadores deben satisfacer en general las siguientes normas aplicables de la Comisión Electrotécnica CEI (International Electrotechnical Commission-IEC) y particularmente las publicaciones de las series Nos. 76 y 214 de dichas normas[33].

- IEC 60076: Power Transformers.
- IEC 60137: Bushing for alternating voltages above 1000 V.
- IEC 60354: Loading guide for oil - immersed power transformers.
- IEC 60551: Measurement of Transformers and Reactors Sound Levels.
- ANSI C.57: Standard for Power Transformers Manufacturing.
- ANSI C.57.12.00: Requirements for Pad – Mounted, Compartmental – Type, Self-Cooled, Three Phase Distribution Transformers.

Cambiador de TAP:

El bobinado de alta tensión debe estar provisto con un conmutador externo para operación sin energía solamente, que permita realizar enlaces de conexiones externas sin carga, con varias posiciones, dando variaciones de $\pm 5\%$ en cuatro pasos de 2.5% . Este dispositivo debe tener un accesorio adecuado, que permita colocar un candado de seguridad en la posición de TAP seleccionada [33].

Accesorios de un transformador Padmounted:

- Accesorios incluidos bushing a.t. 15kv bushing b.t.1kv.
- Cambiador de taps 5 pos + 1 x 2.5% , -3 x 2.5% indicador de nivel de aceite s/contactos.
- Portafusibles bayonetas
- Switch 2 pos. 38kv de operación bajo carga.
- Terminal de puesta a tierra.
- Placa de características válvula de drenaje.
- Válvula de alivio de presión.
- Tapón de llenado.
- Soportes de parqueo.

Con los accesorios anteriormente descritos el tipo de transformador pad mounted cuenta con funciones ideales para el sistema de topología anillo y configuración subterránea, por brindar

una fácil y sencilla operación al momento de darle continuidad o interrupción a los anillos de media tensión.

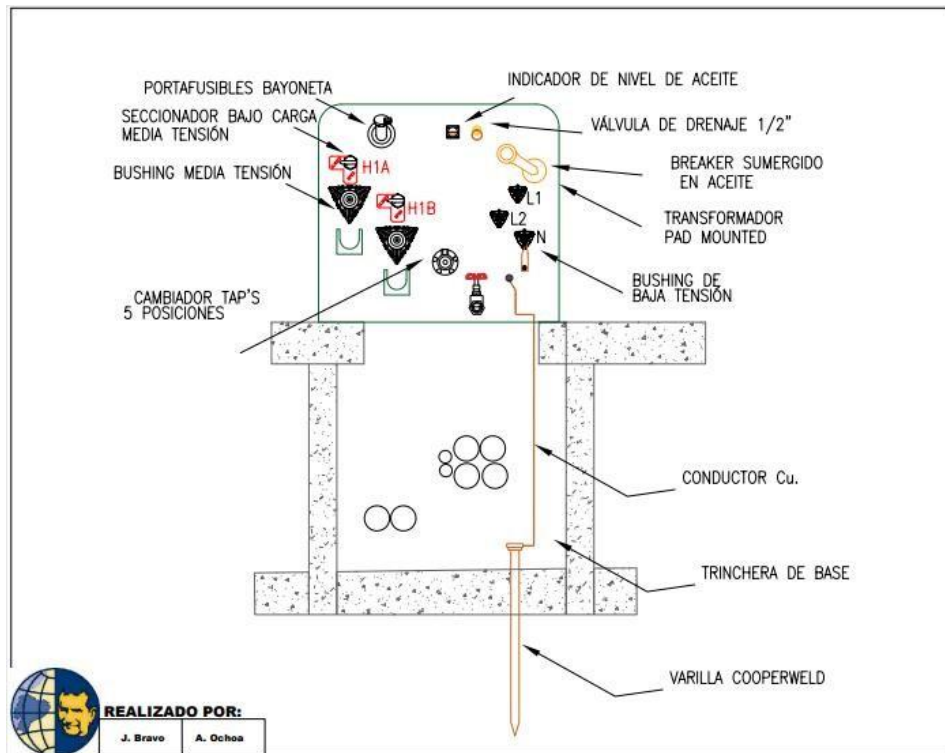


Figura 32 Vista frontal de un transformador monofásico pad monofásico
Fuente: Inesa S.A. (2021) / Dibujo Jesús Bravo y Álvaro Ochoa.

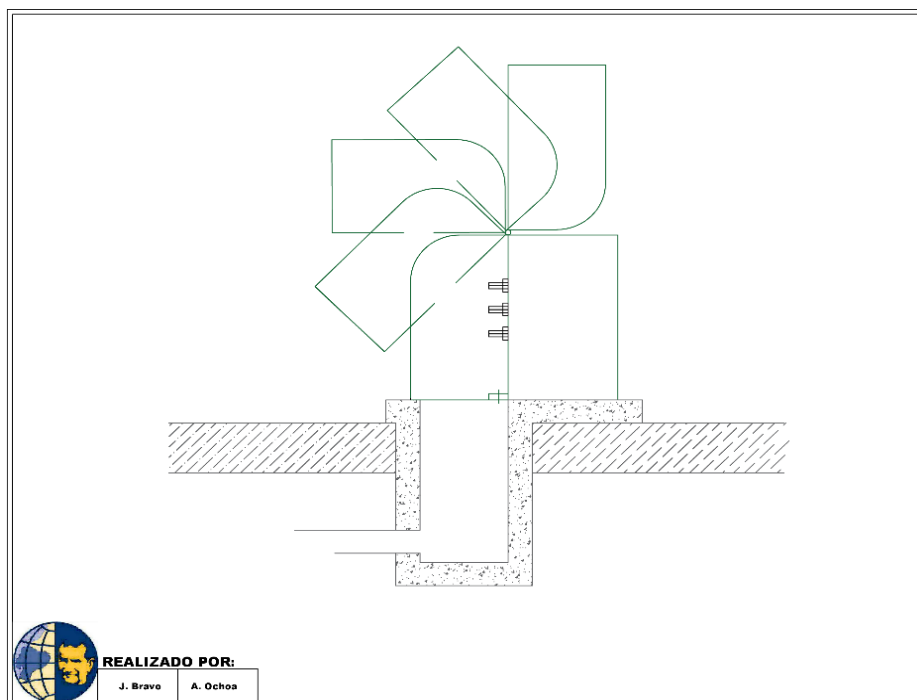


Figura 33 Vista bilateral de un transformador monofásico pad mounted en base de hormigón.
Fuente: Inesa S.A. (2021) / Dibujo Jesús Bravo y Álvaro Ochoa.

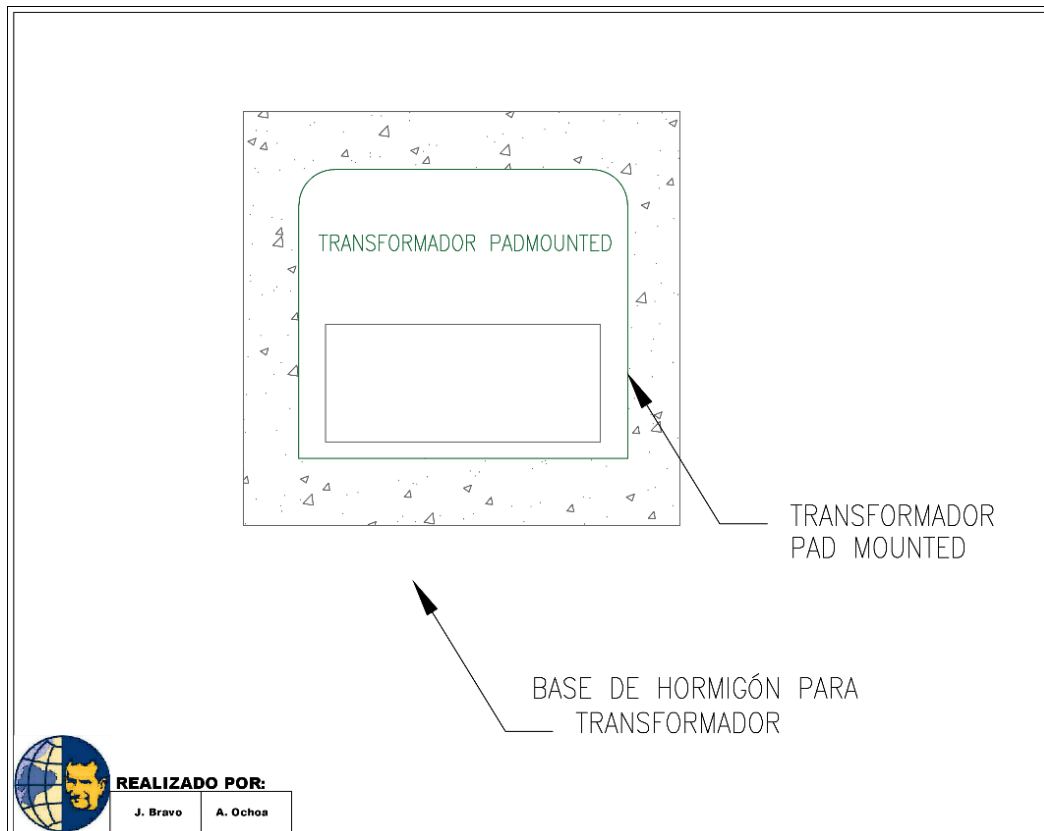


Figura 34 Vista superior de un transformador monofásico pad mounted en base de hormigón.

Fuente: Inesa S.A. (2021) / Dibujo Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

La potencia aparente de los transformadores seleccionados en el diseño de este proyecto se ha dimensionado tomando en cuenta la demanda de los abonados y empleando la fórmula Ebasco[21].

El análisis de demanda de los abonados se ha considerado como una vivienda unifamiliar de tipo urbana clase media, para las cuales se debe suministrar baja tensión monofásica de valores 240 voltios entre las fases y 120 voltios entre cada fase y neutro. Estos valores se obtienen en los devanados secundarios de los transformadores tipo pad mounted[11].

3.1.9. RED DE BAJA TENSION:

La disposición de los circuitos secundarios se ha dispuesto con cable de cobre con revestimiento aislamiento para redes de configuraciones subterráneas, por ser de este tipo de configuración estos alimentadores estarán previstos en canalizaciones TDP PVC 110mm, estas canalizaciones se caracterizan por su naturaleza semirrígida, un diseño estructural y la

flexibilidad dada por el material, asegurando un excelente comportamiento en movimientos sísmicos y asentamientos diferenciales del terreno; además estas canalizaciones llegaran a cajas de paso de hormigón armado 60x60x60cm interior en donde se podrán conectar las acometidas domiciliarias de cada abonado[34].

3.1.9.1. CONEXIÓN DE ACOMETIDAS DOMICILIARAS A RED SECUNDARIA:

En intermedio o final de los circuitos de red secundaria se conectarán barrajes de goma, ideales para redes de configuración subterránea, compuestos por un elastómero de silicona combinado químicamente con aceite de silicona, es hidrofóbico y proporciona un excelente sello contra la humedad en un amplio rango de temperaturas de operación (-40° C a 95° C). Es compatible con diferentes tipos de aislamiento y grasas desoxidantes para conectores, y tiene excelentes propiedades aislantes[18].

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

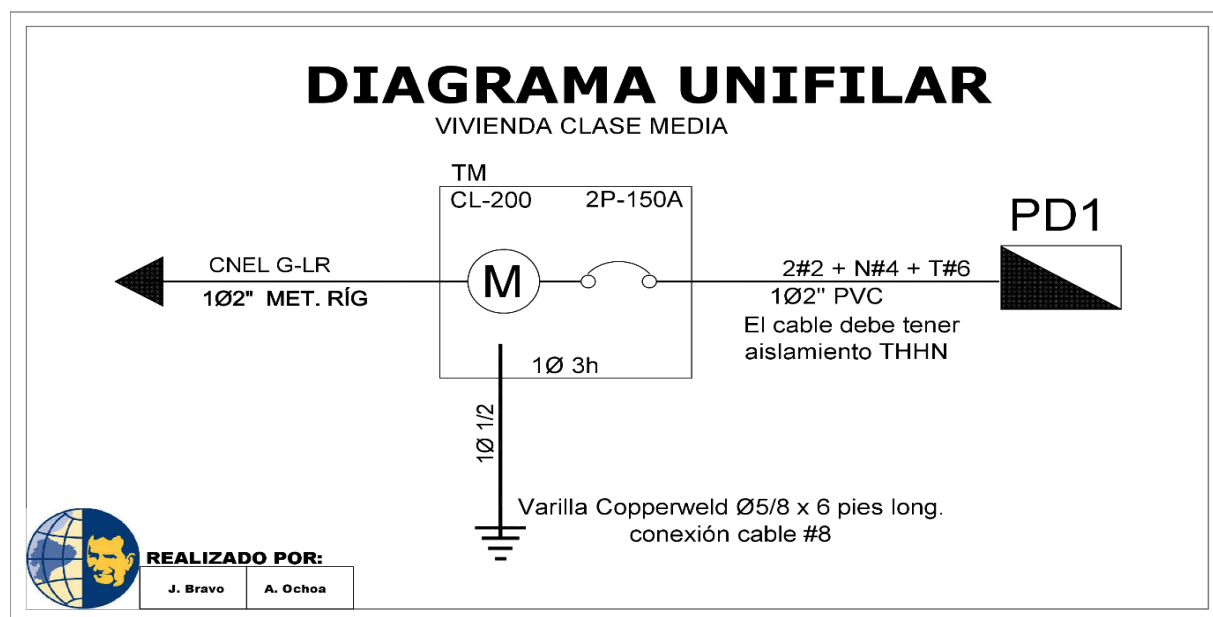


Figura 35 Diagrama unifilar de villa categoría clase media
Medición directa CL-200 (NATSIN 2012/FIGURA 22-A)
Fuente: Inesa S.A. (2021) / Dibujo Jesús Bravo y Álvaro Ochoa.

3.1.9.2.DIMENSIONAMIENTO DE TRANSFORMADOR CON DEMANDA ESTIMADA DE VILLAS CLASE MEDIA:

La estimación de carga de cada hogar estará comprendida por las siguientes cargas:

DESCRIPCION	NUMERO DE PUNTOS	CARGA INSTALADA (W)	FACTOR DE COINCIDENCIA	DEMANDA (KW)	HORAS PROMEDIO FUNCIONAMIENTO	CONSUMO PARCIAL (WH)
ALUMBRADO	13	40	0.7	364	4	1456
TOMACORRIENTES	11	200	0.3	660	4	2640
TOMACORRIENTES MESON	3	200	0.3	180	4	720
REFRIGERADOR	1	500	1	500	8	4000
LAVADORA	1	500	1	500	1	500
MICRO ONDAS	1	1000	1	1000	1	1000
TELEVISOR	3	250	1	750	4	3000
COMPUTADORA	1	300	1	300	6	1800
COCINA INDUCCION	1	6000	0.35	2100	2	4200
SPLIT 12000BTU	3	1100	0.7	2310	4	9240
				8.66		28556

Tabla 2 Estimación de carga de cada abonado

Para el cálculo del consumo total o potencia nominal por usuario al mes (KWH/MES) se deberá emplear la siguiente formula:

$$\bullet \text{ CONSUMO TOTAL} = \frac{(\text{CONSUMO PARCIAL (WH)} * 30 \text{ DIAS})}{1000}$$

$$\text{CONSUMO TOTAL} = \frac{28556 \text{ WH} * 30 \text{ DIAS}}{1000} = 856.68 \text{ KWH/MES}$$

Una vez determinada el consumo total se procede a calcular la demanda máxima o demanda pico con el método Ebasco:

$$\bullet \text{ KW}_{pic} = \frac{\text{CONSUMO TOTAL}}{49.7 * (\text{CONSUMO TOTAL})^{(0.154)}}$$

$$\text{KW}_{pico} = \frac{856.68 \text{ KWH/MES}}{49.7 * (856.68 \text{ KWH})^{(0.154)}} = 6.09 \text{ KW}$$

La demanda máxima o demanda pico se verá afectada por la coincidencia o simultaneidad de
 1 abonado = 0.38

En este caso, se realizará el cálculo para abastecer 12 abonados y se procede a calcular el coeficiente de demanda mediante la siguiente formula:

- $C_n = 0.38 + \frac{0.62}{N}$
 $C_n = 0.38 + \frac{0.62}{12} = 0.43$

Posteriormente, se procede a calcular la demanda total de los 12 abonados de la siguiente manera:

- $KW_n = C_n * n_{abonados} * KW_{pico}$

$$KW_n = 0.43 * 12 * 6.09 = 31.56KW$$

Para el calcular la capacidad del transformador se deberá emplear el ultimo resultado con el factor de potencia estandarizado en la red[19].

$$FP = 0.92$$

- $KVA = \frac{KW}{FP}$
 $KVA = \frac{31.56KW}{0.92} = 34.30KVA$

Aproximación a capacidad de transformador existente, homologado y comercial:

TR= 37.5 KVA requerido por cada 12 abonados, con demanda 8.66 KW cada uno.

Así mismo se deberá calcular la capacidad de los transformadores para más solares, quedando de la siguiente manera:

Para 16 abonados:

- $KW_n = C_n * n_{abonados} * KW_{pico}$

$$KW_n = 0.43 * 16 * 6.09 = 41.90KW$$

- $KVA = \frac{41.90KW}{0.92} = 45.54KVA$

TR= 50 KVA requerido por cada 16 abonados, con demanda 8.66 KW cada uno.

Para 23 abonados:

- $KWn = Cn * n_{abonados} * KW_{pico}$
 $KWn = 0.43 * 23 * 6.09 = 60.23 KW$

- $KVA = \frac{60.23 KW}{0.92} = 65.47 KVA$

TR= 75 KVA requerido por cada 23 abonados, con demanda 8.66 KW cada uno.

En este proyecto, los transformadores dimensionados de la urbanización Boschetto se han considerado de acuerdo a la ubicación y números de solares por manzanas:

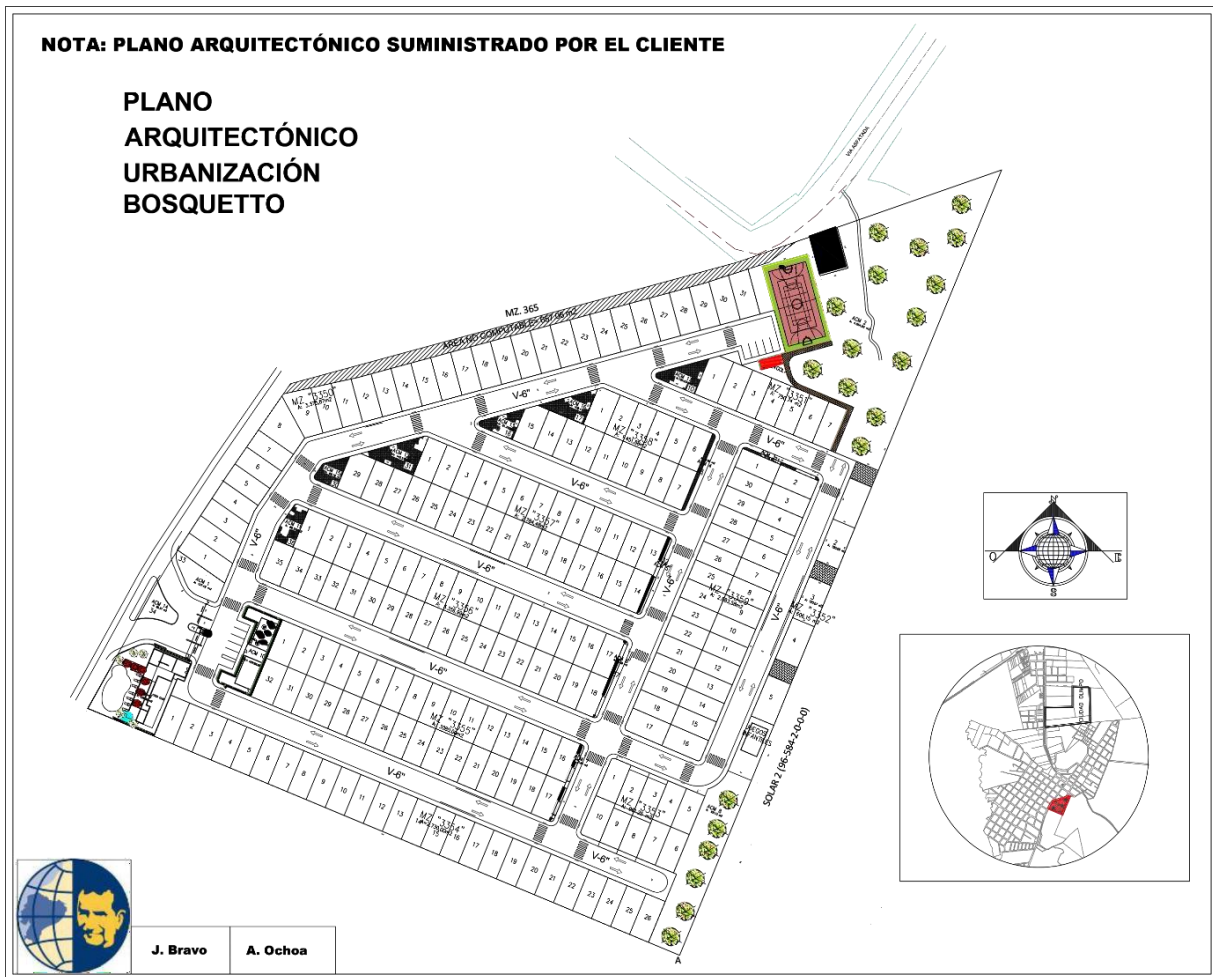


Figura 36 Plano arquitectónico de la urbanización Boschetto
Fuente: Ambiansa S.A. (2021) / Dibujo Jesús Bravo y Álvaro Ochoa.

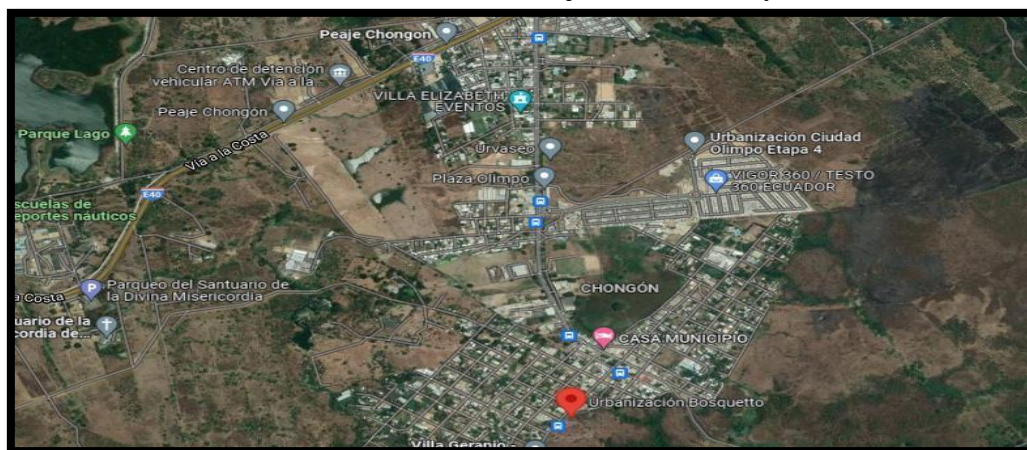


Figura 37 Ubicación de La Urbanización Boschetto
 Coordenadas Geográficas: -2.238346438087388, -80.08042245212356

En ese orden de ideas, los transformadores dimensionados para la urbanización Boschetto deberán conectarse en su devanado primario por los alimentadores de media tensión, optimizando su recorrido y la ubicación de estos equipos en el proyecto; se ha considerado de

manera que no invada el espacio de los abonados, ubicándolos así en áreas verdes del proyecto, además se ha realizado un cuadro de demanda de usuarios por transformador:

3.1.9.3. DEMANDA DE USUARIOS POR TRANSFORMADOR-URB BOSQUETTO;

CUADRO DE DEMANDAS DE USUARIOS POR TRANSFORMADOR URB. BOSQUETTO						
TRANSFORMADOR	FASE A	FASE B	FASE C	CAPACIDAD	Nº ABONADOS	MANZANAS DE ALCANCE
T1		75		75Kva	16	MZ. 3354 SL. 1-15, ACM 9(CLUB).
T2	50			50Kva	13	MZ. 3355 SL. 32-21; AREA DE AEROBICOS.
T3	50			50Kva	15	MZ. 3354 SL. 16-26; MZ. 3355 SL.20-17
T4	37.5			37.5Kva	10	MZ. 3353 SL. 1-10
T5	37.5			37.5Kva	12	MZ. 3352 SL. 4-5, MZ. 3359 SL. 9-16.
T6	75			75Kva	18	MZ 3355 SL. 16-7; MZ. 3356 SL 18-27.
T7		50		50Kva	16	MZ. 3355 SL. 1-6; MZ. 3356 SL 28-35.
T8		37.5		37.5Kva	11	MZ 3350 SL. 1-11; GARITA
T9		50		50Kva	16	MZ 3356 SL. 1-8, MZ. 3357 SL. 22-29.
T10		50		50Kva	13	MZ 3357 SL. 1-13.
T11			37.5	37.5Kva	9	MZ 3358 SL. 15-7.
T12			75	75Kva	20	MZ 3350 SL. 12-31; (CANCHAS).
T13			37.5	37.5Kva	13	MZ 3351 SL. 1-7, MA 3358 SL. 1-6.
T14			37.5	37.5Kva	8	MZ 3359 SL. 2-8; MZ. 3352 1-3
T15			50	50Kva	15	MZ 3359 SL. 1, 17-30.
T16			50	50Kva	16	MZ 3356 SL. 9-17, MZ. 3357 SL. 14-21.
TOTAL	250	262.5	287.5		221	

Tabla 3 Cálculos de demandas por transformador

Considerando la cantidad y capacidad de los transformadores se origina el diagrama unifilar en media tensión:

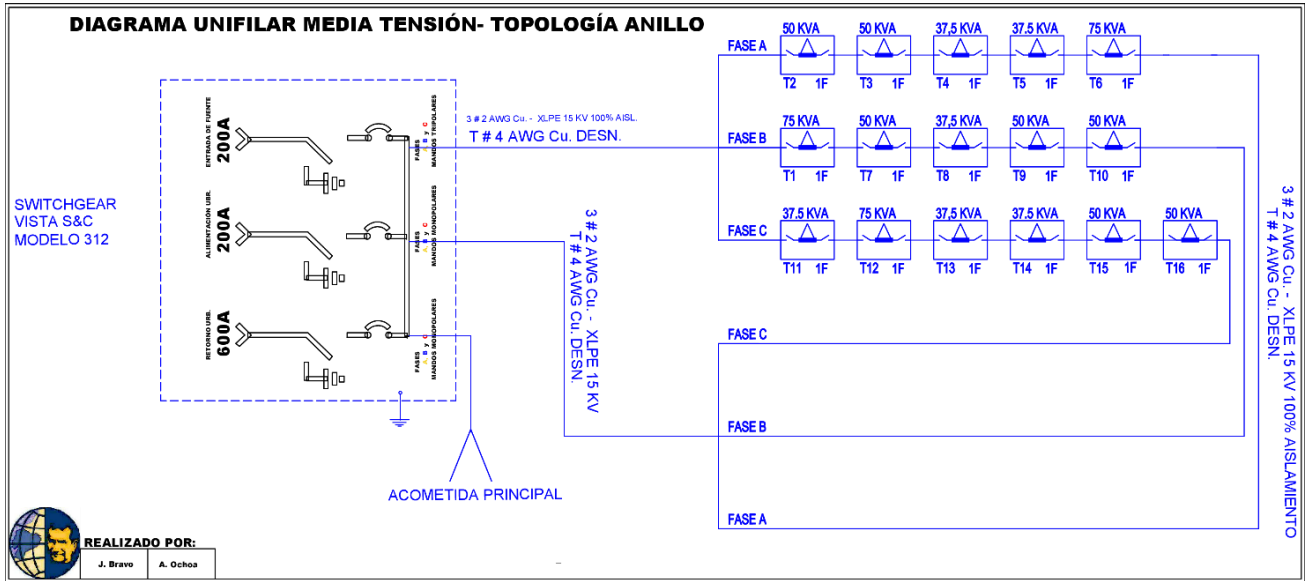


Figura 38 Diagrama Unifilar
Fuente: Diseño Boschetto / Dibujo Jesús Bravo y Álvaro Ochoa.

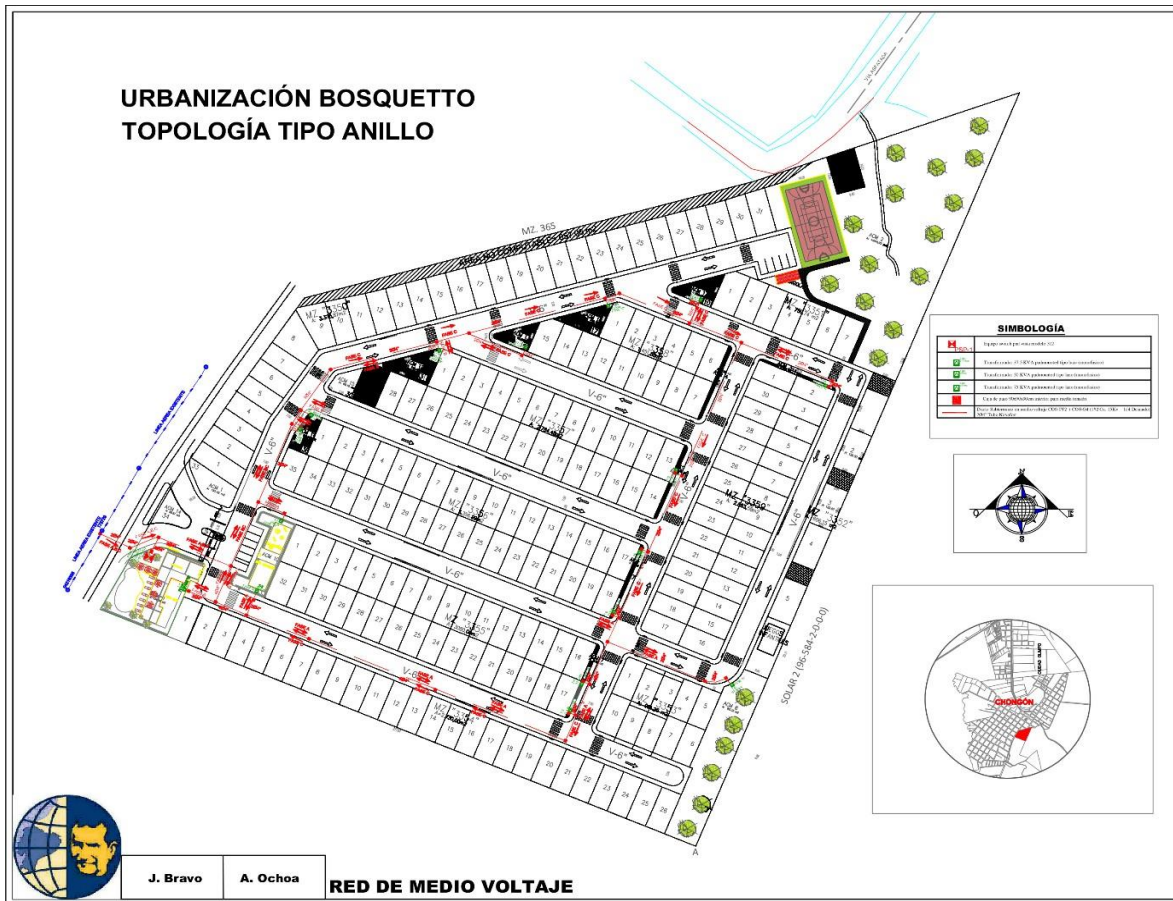


Figura 39 Plano arquitectónico de la urbanización Boschetto con implantación red de media tensión y transformadores.
Fuente: Diseño Boschetto / Dibujo Jesús Bravo y Álvaro Ochoa.

N° DE TRANSFORMADOR	POTENCIA (KVA)			SERVICIO
	FASE A	FASE B	FASE C	
1		75		RESIDENCIAL
2	50			RESIDENCIAL
3	50			RESIDENCIAL
4	37.5			RESIDENCIAL
5	37.5			RESIDENCIAL
6	75			RESIDENCIAL
7		50		RESIDENCIAL
8		37.5		RESIDENCIAL
9		50		RESIDENCIAL
10		50		RESIDENCIAL
11			37.5	RESIDENCIAL
12			75	RESIDENCIAL
13			37.5	RESIDENCIAL
14			37.5	RESIDENCIAL
15			50	RESIDENCIAL
16			50	RESIDENCIAL
	250	262.5	287.5	

Tabla 4 Distribución de transformadores en la Urbanización Boschetto.

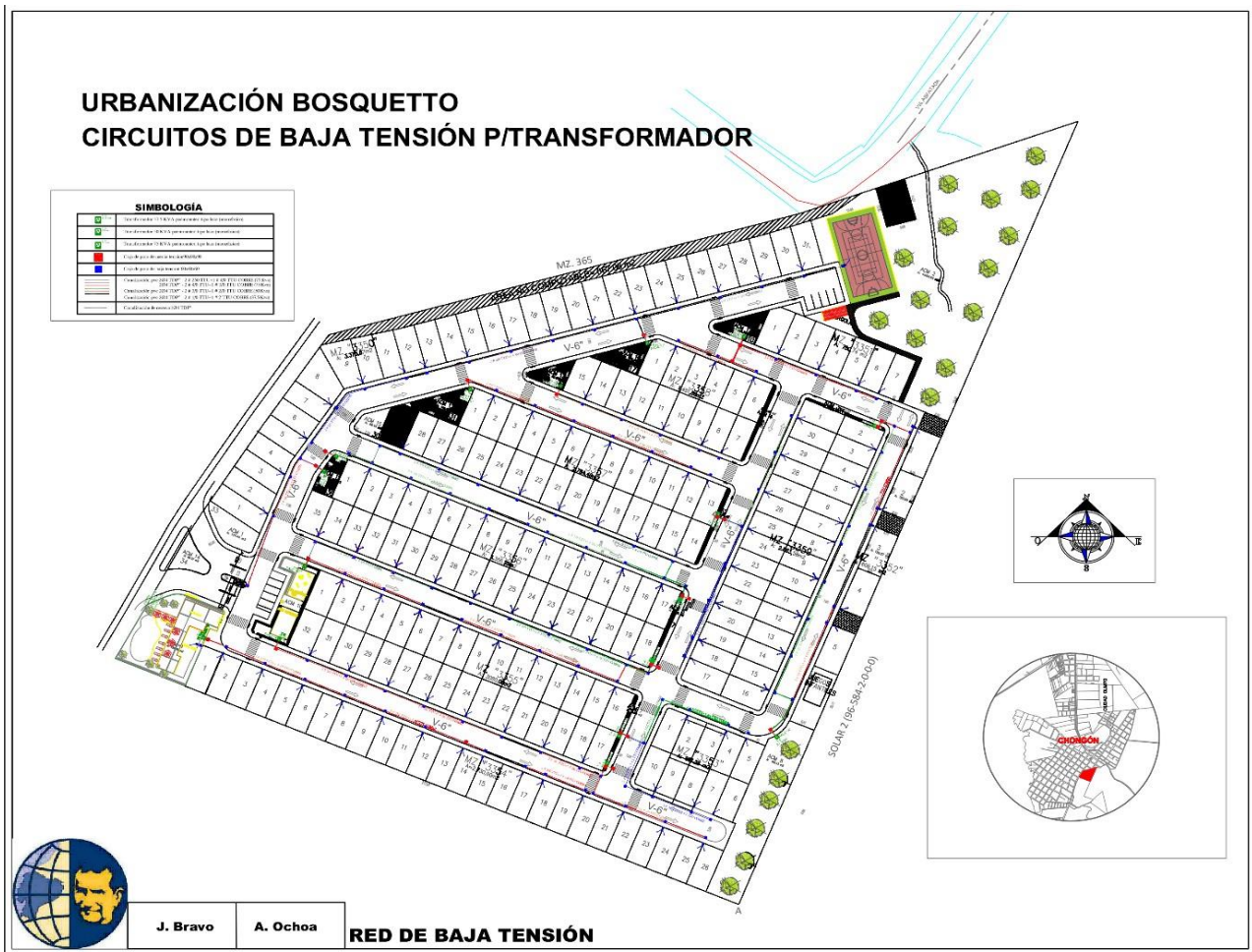


Figura 40 Plano arquitectónico de la urbanización Boschetto con implantación red de baja tensión, Colores por circuito.

Fuente: Diseño Boschetto / Dibujo Jesús Bravo y Álvaro Ochoa.

TERNA		FASE			TOTAL, KVA
		A	B	C	
PRIMERA	ANILLO	250	262.5	287.5	800
ACOMETIDA	TOTAL	250.00	262.50	287.50	800

Tabla 5 Total de cargas por fase en la Urbanización Boschetto.

Factor de demanda = 0.65

Demanda efectiva (KVA) = 0.65 * 800 = 520 KVA

Demanda efectiva (KW) = 520KVA * 800KVA * 0.65 = 478,40 KW

Una vez dimensionados y ubicados los transformadores del proyecto se procederá a dimensionar el calibre de los cables alimentadores en baja tensión, cuya trayectoria de los circuitos por cada transformador estará prevista desde los bushing de baja tensión de estos transformadores hasta conectores puerto gel, ubicados en las cajas hormigón de paso de baja tensión; en esta trayectoria se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- La corriente máxima en el secundario de los transformadores
- Ampacidad de corriente de conductores
- Distancia desde la fuente alimentadora hasta punto de conexión de la carga.

3.1.9.4.CALCULO CORRIENTE EN EL SECUNDARIO DE LOS TRANSFORMADORES POR MEDIO DE LEY DE OHM:

Dado que los transformadores a utilizar en sus diferentes capacidades de potencia serán con un voltaje de operación constante tanto en el devanado primario como en el devanado secundario, el cálculo de la corriente viene dado de la siguiente manera:

- Para los transformadores de 75KVA-13800/240/120V el cálculo de la corriente será en el devanado secundario:

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{75KVA * 1000}{240V} = 312.5A$$

- Para los transformadores de 50KVA-13800/240/120V el cálculo de la corriente en el devanado secundario será:

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{50KVA * 1000}{240V} = 208.33A$$

- Para los transformadores de 37.5KVA-13800/240/120V el cálculo de la corriente en el devanado secundario será:

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{37.5KVA * 1000}{240V} = 156.25A$$

Posterior a estos cálculos en cada caso en particular, se deberá dimensionar un alimentador en baja tensión monofásico con las especificaciones para la configuración red subterránea, es decir de material cobre con aislamiento TTU, además de ampacidad de corriente de acorde a lo entregado por cada transformador.

Teniendo estas consideraciones al momento de seleccionar el calibre de los conductores, se calculará mediante la siguiente fórmula que la afectación en la caída de tensión no supere el 3% [35].

3.1.9.5. CALCULO DE CAIDA DE TENSION DE CONDUCTORES MONOFASICOS EN BAJA TENSION POR TRANSFORMADOR:

- TRANSFORMADOR MONOFASICO 75 KVA 13.800/240/120V T1:

$$*u = \frac{(2 * L * I)}{(K * S(mm^2))}$$

Donde;

- $u =$ Caída de tensión
- $L =$ Distancia desde el punto de conexión de los solares hasta la fuente (transformador)
- $I = 180A$ (En función del número de la carga de los abonados, este caso SL1, por este tramo circula toda la carga del circuito)
- $K = 58$ (Constante de cable de cobre)
- $S =$ Constante de cable sección 250 MCM

$$u = \frac{(2 * 7m * 180A)}{(58 * (126.7))}$$

$$u = 0.3429 V$$

$$* \%CV = \frac{u}{BV}$$

Donde;

- $\%CV = \text{Porcentaje de caída de voltaje}$
- $u = \text{Caída de tensión}$
- $BV = \text{Bajo voltaje (240V)}$

$$\%CV = \frac{0.3429 V}{240V}$$

$$\%CV = \frac{0.3429 V}{240V}$$

$$\%CV = 0.143\%$$

3.1.10. RED SUSTERRANEA DE ALUMBRADO PUBLICO:

Esta red constituye la iluminación de vías y espacios públicos destinados a la movilidad y ornamentación beneficiando a los peatones y conductores. El alumbrado público se clasifica en: alumbrado público general, alumbrado público ornamental y alumbrado público intervenido. Para Planificar, calcular y visualizar la iluminación el diseño de la red de alumbrado se considerará el programa Dialux Evo [6].

Se ha considerado en este diseño luminarias de sodio de 150w/240V modelo Olympia, de manera tal que la curva fotométrica y otros valores satisfagan las exigencias de CNEL EP, además el encendido y apagado de las luminarias se llevara a cabo mediante foto control con fotocélulas de 1000W, de igual forma para cumplir con el MERNNR, se ha considerado brazo para luminaria de 1.5m de longitud, 2" de diámetro, lineales y con doble abrazadera, además de postes de hormigón circular de 10m, carga nominal de rotura horizontal 400kg, para los cuales se deberá utilizar la siguiente fórmula para su instalación[36].

$$EP = K + 12\%P$$

En donde:

EP = excavación para poste

K = constante equivalente a 0.5m

12%P= 12% de la altura nominal del poste

12%P= 10m

$$\%P=10*\frac{12}{100}=1.2m$$

$$\mathbf{EP = 0.5m+1.2m= 1.7m}$$

Siendo la longitud para la excavación de 1.70m, quedando así 8.30m en la superficie del proyecto ideal para la instalación de la luminaria según distribución de la red de alumbrado en el plano. El recorrido del cable alimentador desde la red secundaria (240V) hasta las luminarias se ha previsto con cable de cobre tipo concéntrico AWG 3X14, es decir, tres conductores de cobre#14 suave en construcción flexible, con aislamiento individual termoplástico de policloruro de vinilo (PVC), e identificados por color de manera tal que se puedan diferenciar las fases con el cable de tierra, rellenos para dar sección circular y cubierta exterior termoplástica de policloruro de vinilo (PVC), la superficie exterior puede ser estriada o lisa [37].

La conexión entre el cable proveniente de la lámpara y la red secundaria del proyecto se realizará con empalmes de derivación gel, los cuales fluyen visco-elásticamente bajo presión, relleno de todos los espacios y desplazando hacia afuera de la humedad. Gracias a la hermeticidad del conector tipo empalme, la conexión queda exenta de humedad y protegida contra toda corrosión. Su instalación es extremadamente rápida, no requiere de herramientas especiales y es fácilmente rentable. Además, son resistentes a la radiación UV y puede ser utilizado en sistemas subterráneos y aéreos [18].

La ubicación de los postes en el proyecto se maneja en función de la curva fotométrica de la lámpara a utilizar; en este caso de estudio la curva de la luminaria a utilizar ha permitido un rango de instalación entre 20 y 30 metros y así poder cumplir con los parámetros fotométricos exigidos por las regulaciones del ARCERNR para la recepción futura de las redes de alumbrado público. Los postes a instalarse no interferirán en el tráfico vehicular ni peatonal

de la urbanización, por lo tanto, se ubicaran puntualmente entre los linderos de los solares de los abonados coincidiendo así con las cajas de baja tensión y en el caso donde no coincidan se instalara un tramo de canalización de 1" de diámetro hasta la caja de paso BV más cercana de estos casos[38].

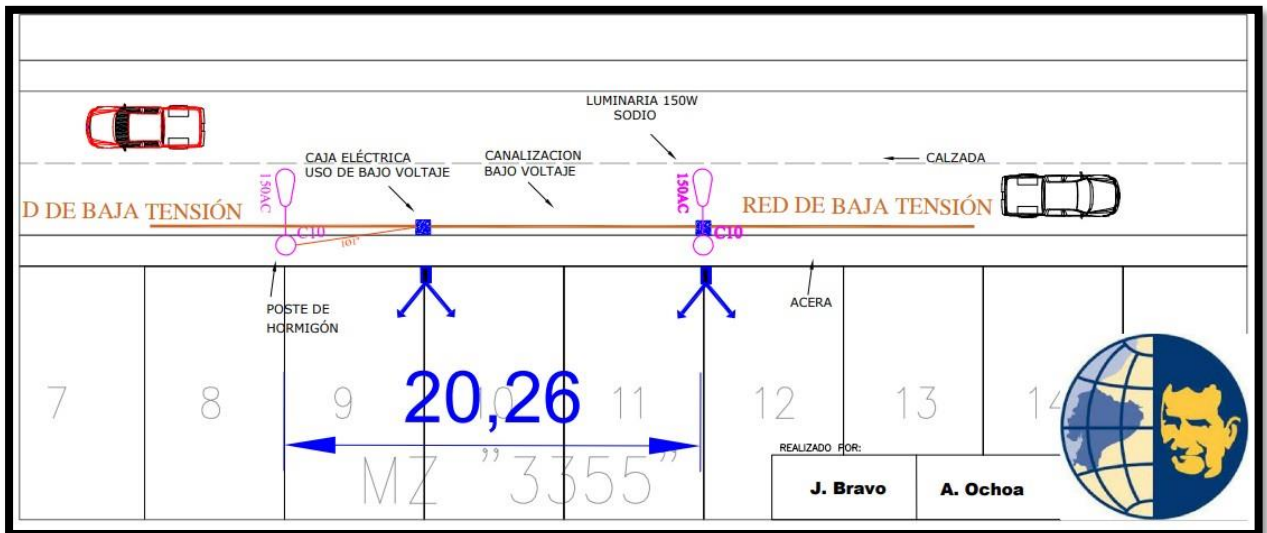


Figura 41 Detalle de ubicación de postes de alumbrado - Vista de planta
Fuente: Diseño Boschetto / Dibujo Jesús Bravo y Álvaro Ochoa.

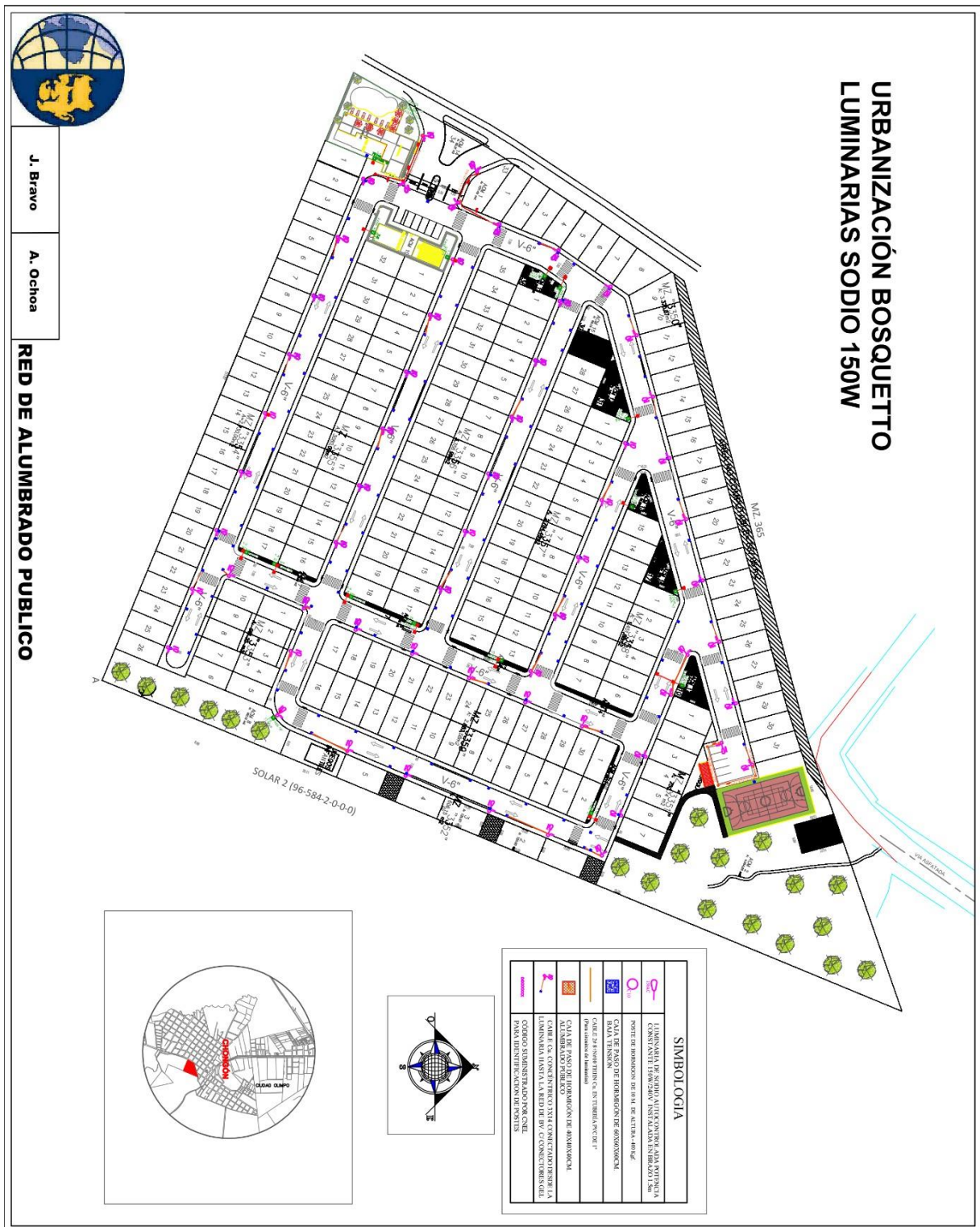


Figura 42 Plano arquitectónico de la urbanización Boschetto con implantación red de alumbrado público, contiene postes, luminarias y conexiones a red de baja tensión.
Fuente: Diseño Boschetto / Dibujo Jesús Bravo y Álvaro Ochoa.

3.2. SIMULACIONES MEDIANTE PROGRAMAS:

3.2.1. SIMULACION DE RED DE MEDIO VOLTAJE EN CYMDIST:

- **PASO#1:** Implantación del AutoCAD en el Cymdist

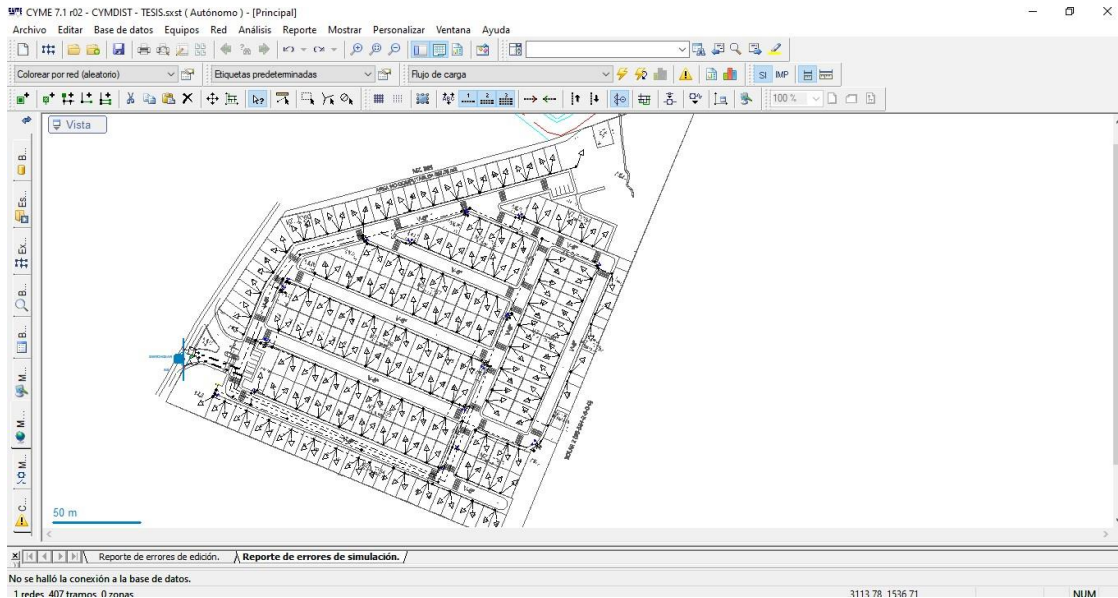


Figura 43 Implantación del AutoCAD en Cymdist
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- **PASO#2:** Inicio de simulación, alimentación de red con envío de flujo de carga

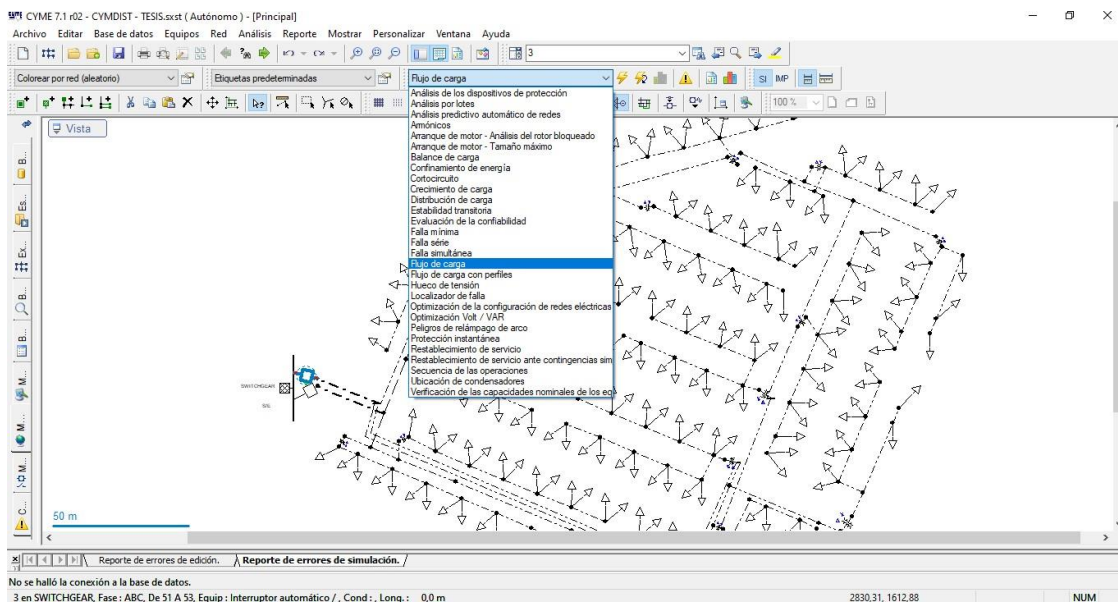


Figura 44 Inyección del flujo de carga
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- **PASO#3: Verificación de alimentación de red de media tensión**

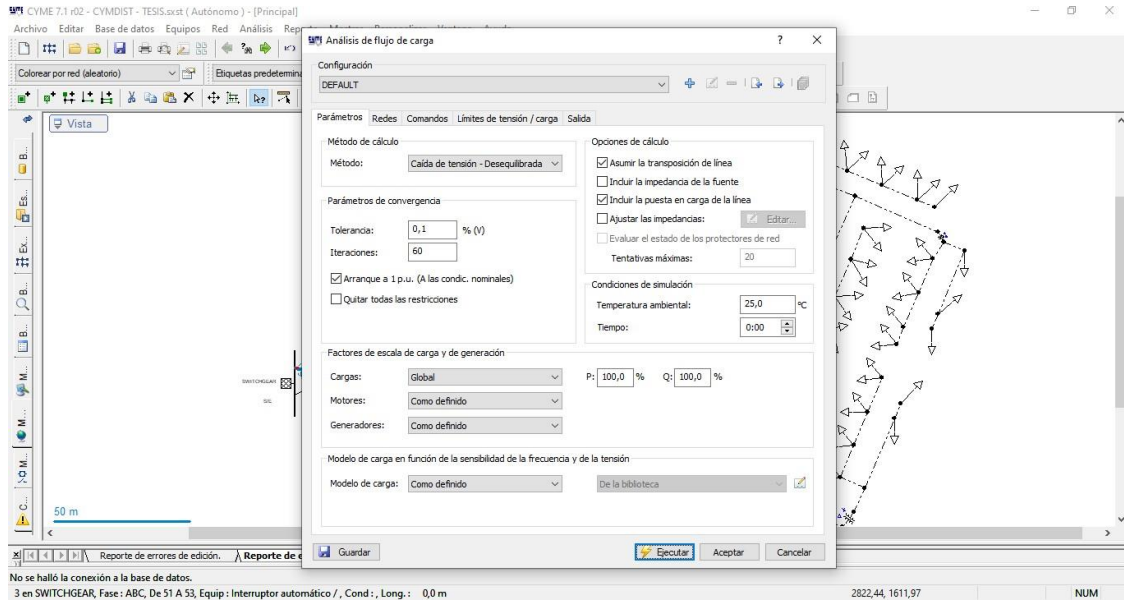


Figura 45 Verificación de red MT alimentada
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- **PASO#4: Verificación de topología anillo en media tensión con aperturas de interruptor de retorno en el equipo vista.**

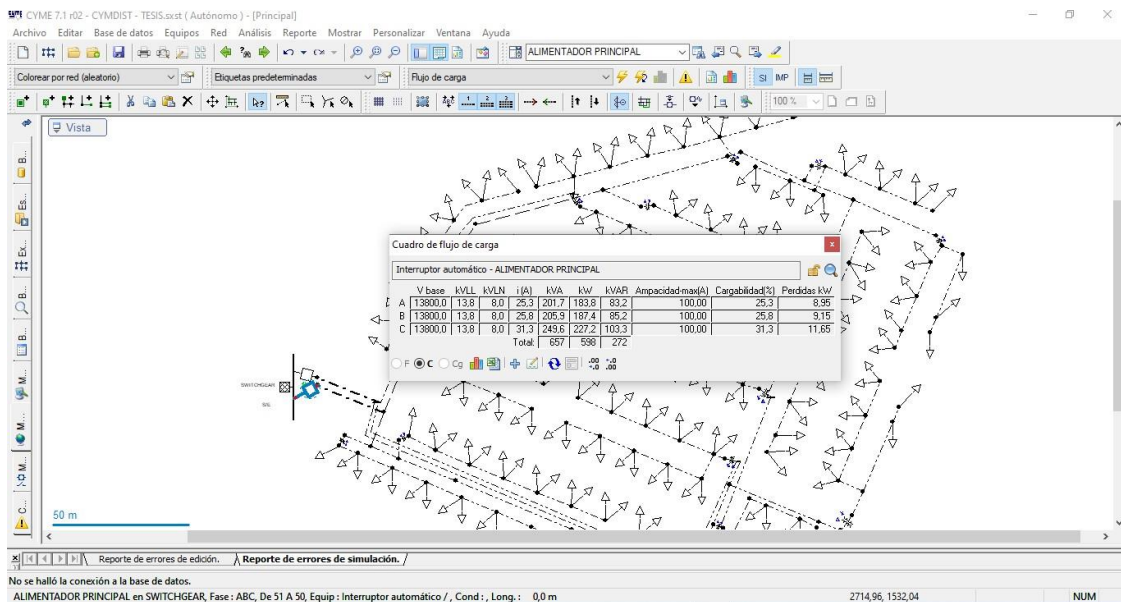


Figura 46 Red en anillo con la apertura del interruptor de retorno
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- **PASO#5:** Acción del interruptor principal, ocasiona que en el interruptor secundario no exista diferencia de potencial en las líneas.

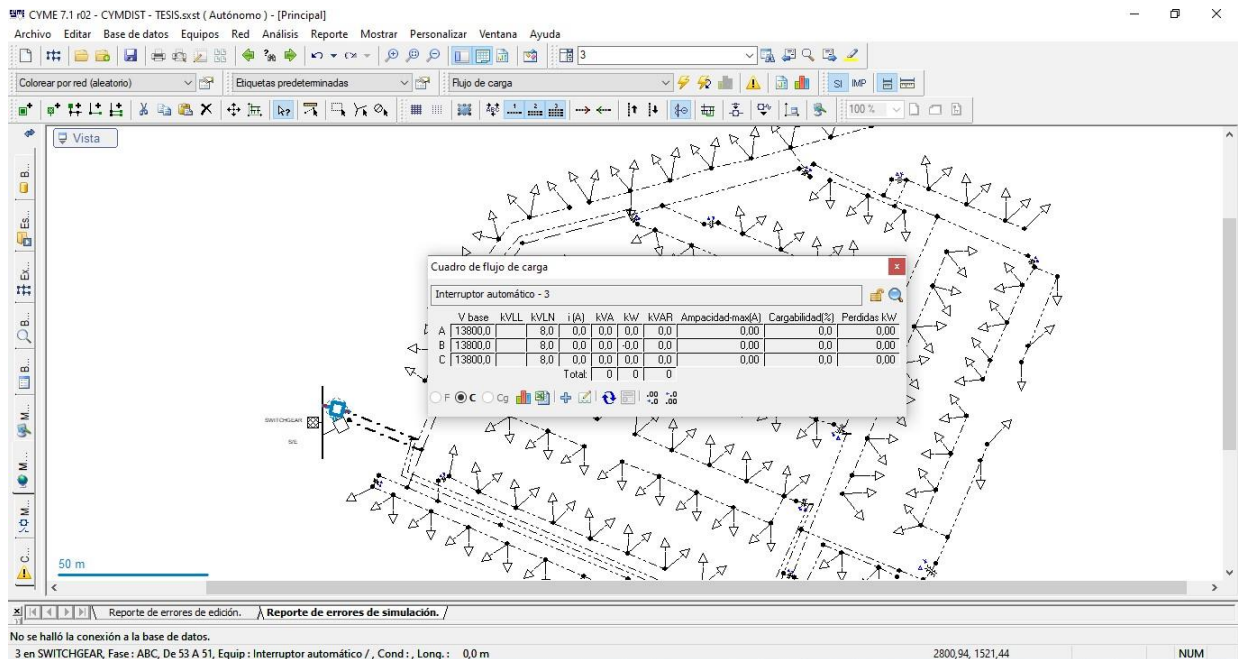


Figura 47 Diferencia de potencial en líneas del interruptor secundario
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- **PASO#6:** Verificación de funcionamiento de red topología anillo, cierre del interruptor secundario y apertura del interruptor primario. Alimentando la urbanización por el otro recorrido.

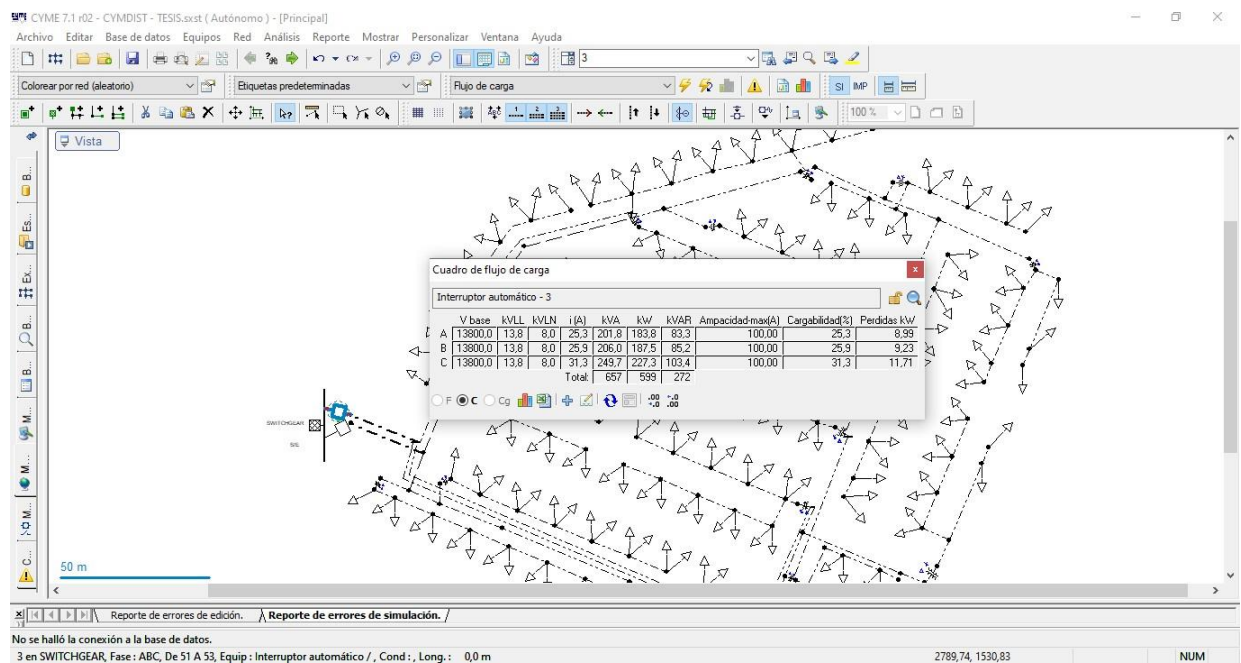


Figura 48 Verificación de alimentación por el otro recorrido
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T1 de 75KVA/16 abonados está cargado al 59.91%.

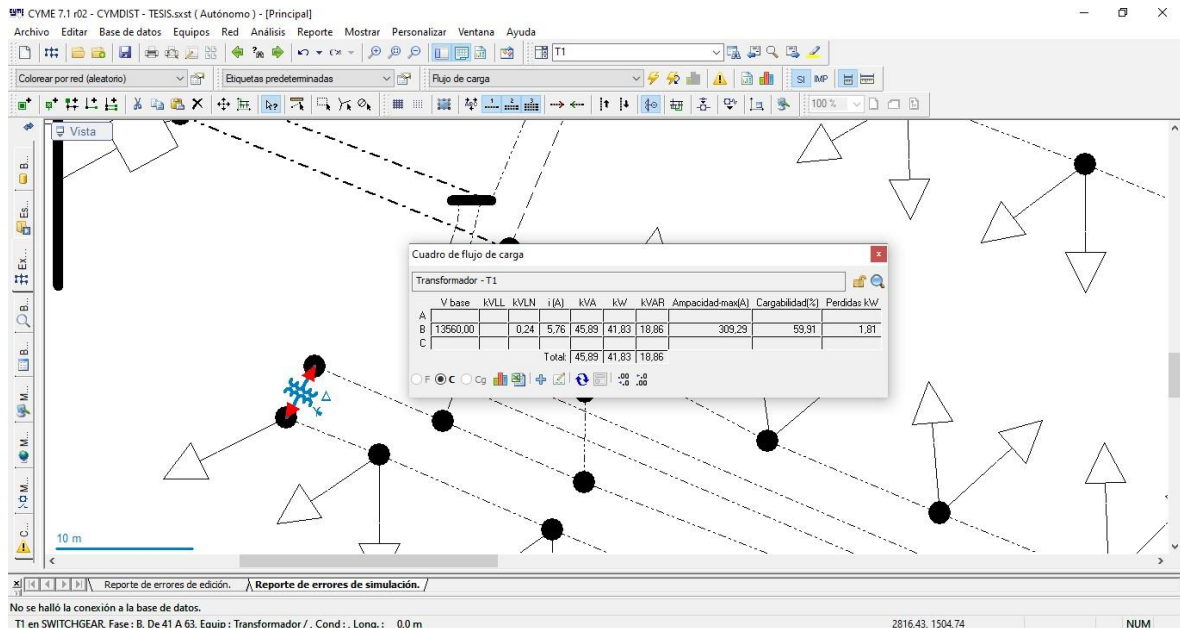


Figura 49 Cargabilidad del Transformador 1
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T2 de 50KVA/13 abonados está cargado al 74.43%.

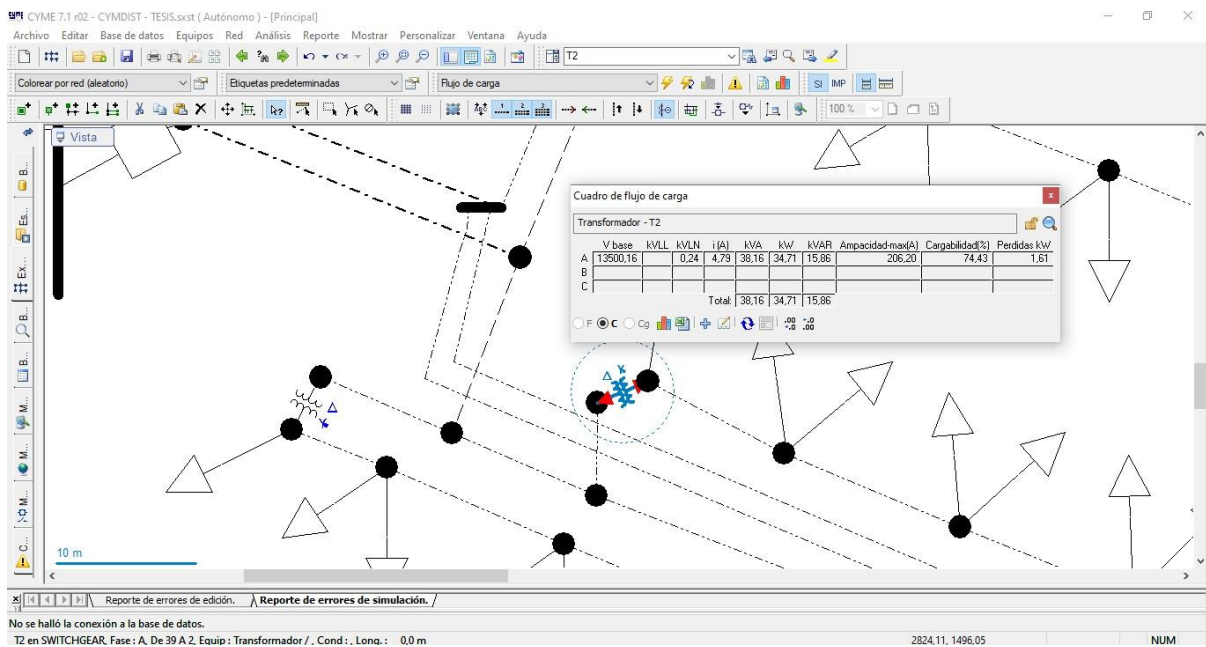


Figura 50 Cargabilidad del Transformador 2
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T3 de 50KVA/15 abonados está cargado al 85.20%.

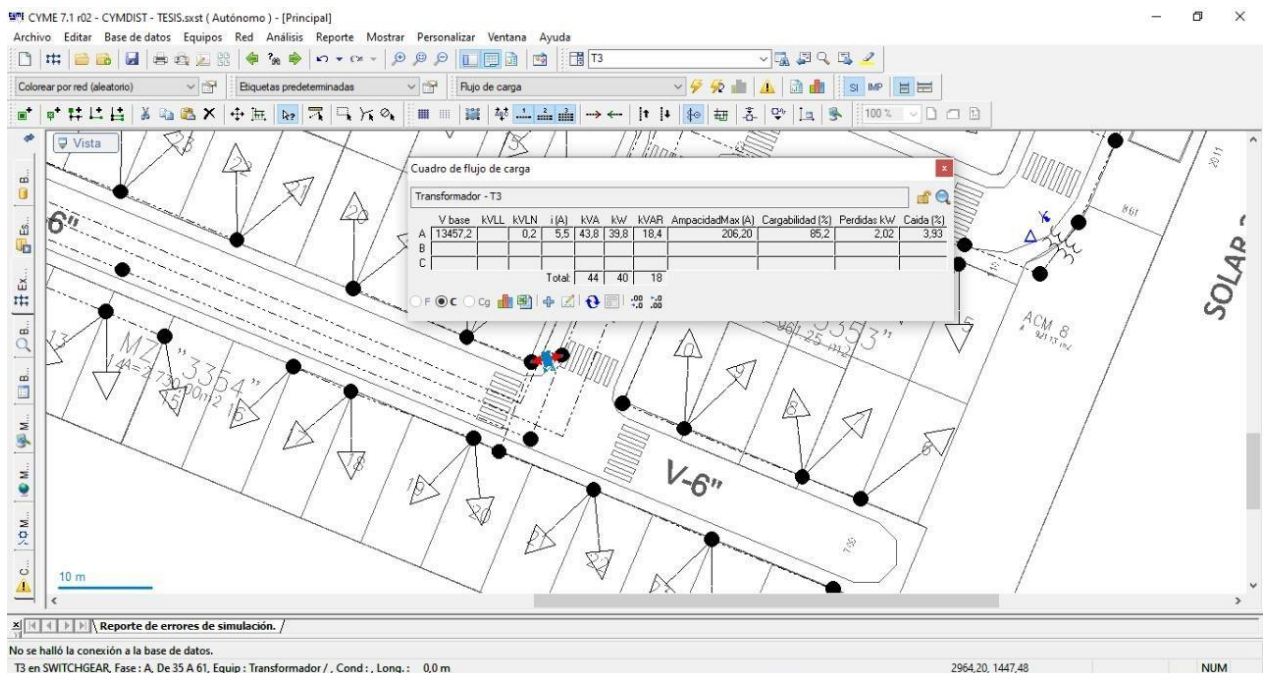


Figura 51 Cargabilidad del Transformador 3
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T4 de 37.5KVA/ 10 abonados está cargado al 78.58%.

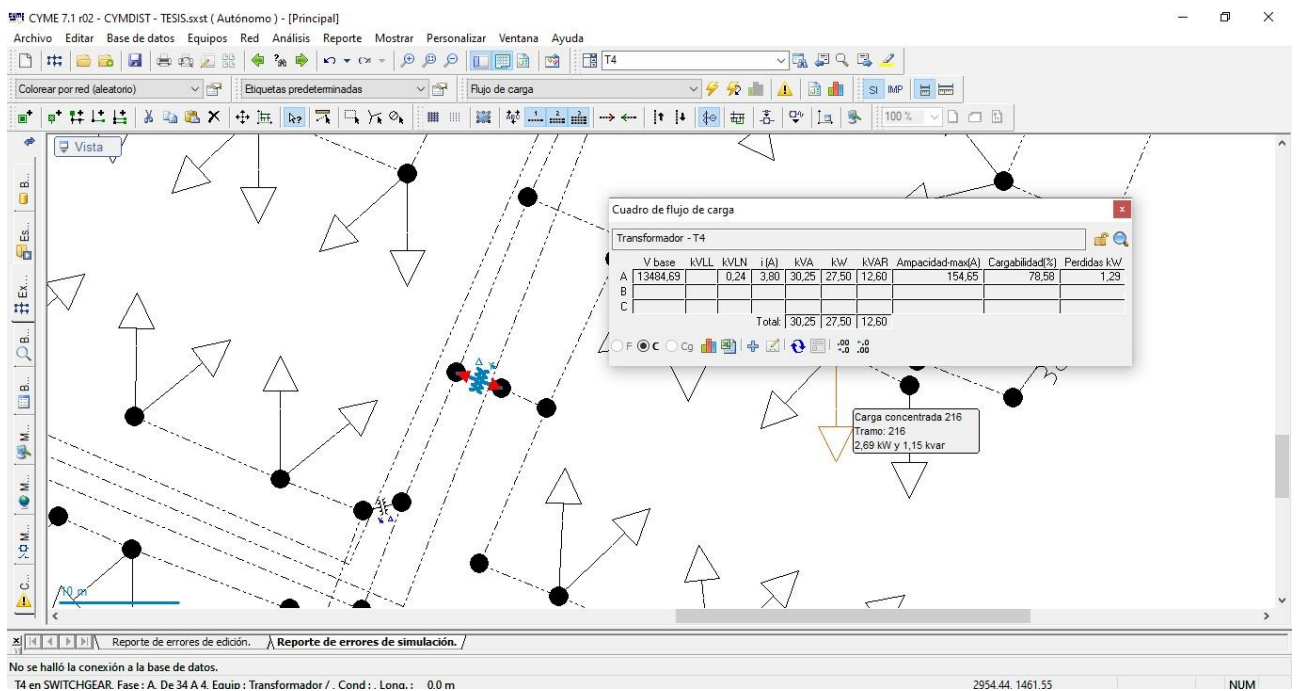


Figura 52 Cargabilidad del Transformador 4
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T5 de 37.5KVA/ 12 abonados está cargado al 78.63%.

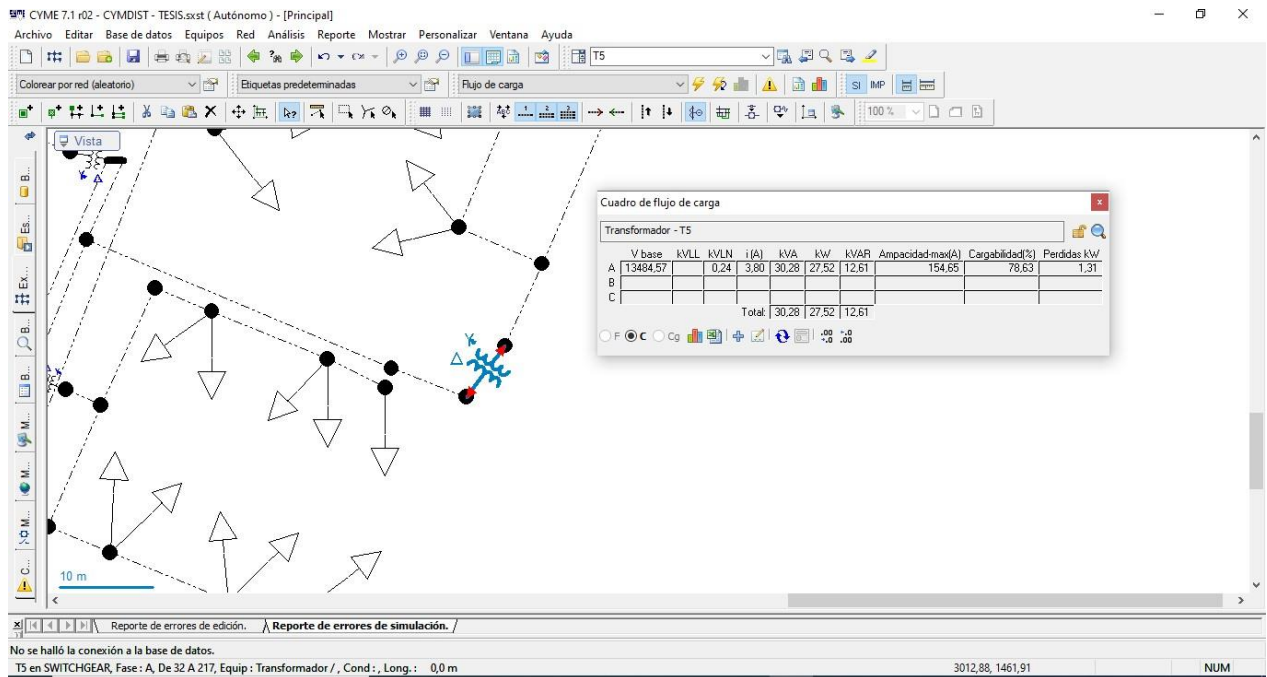


Figura 53 Cargabilidad del Transformador 5
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T6 de 75KVA/ 18 abonados está cargado al 73.14%.

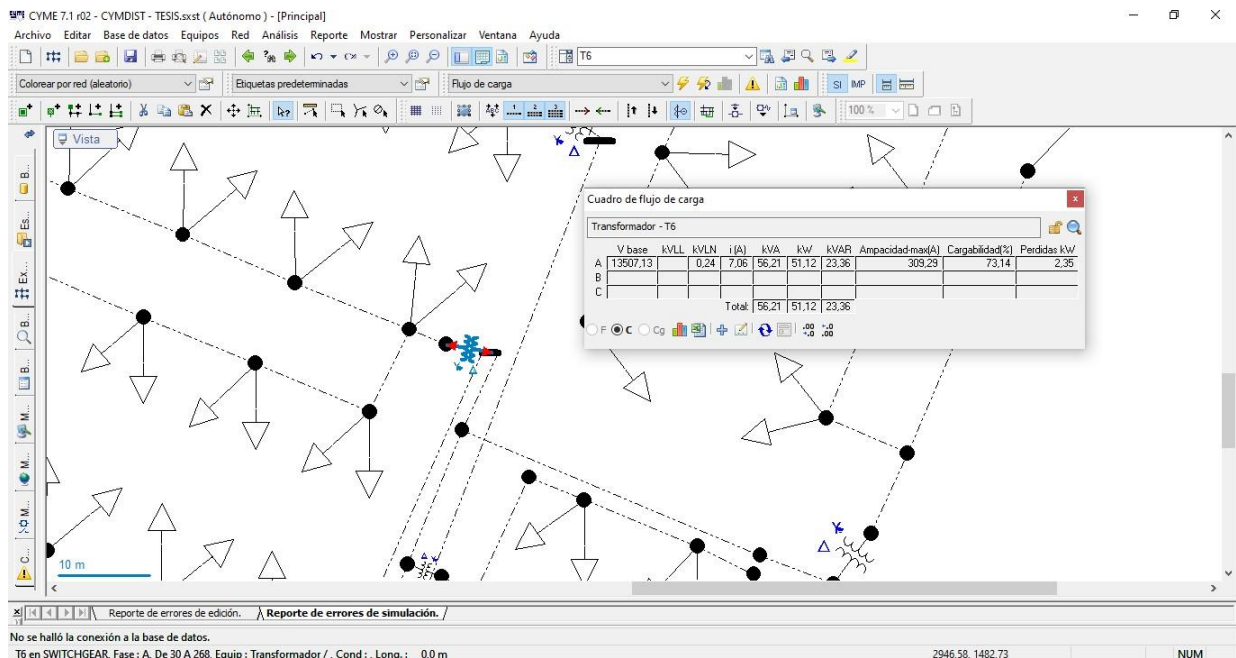


Figura 54 Cargabilidad del Transformador 6
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T7 de 50KVA/ 16 abonados está cargado al 77.96%.

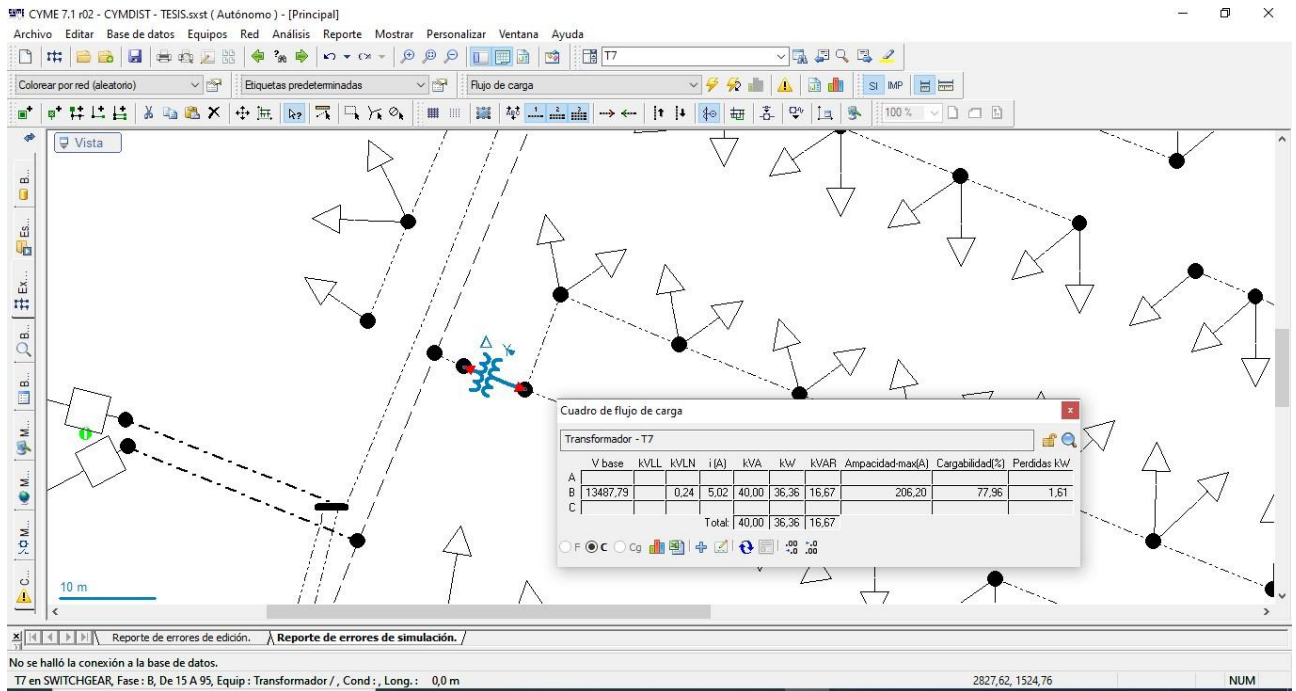


Figura 55 Cargabilidad del Transformador 7
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T8 de 37.5KVA/ 11 abonados está cargado al 85.96%.

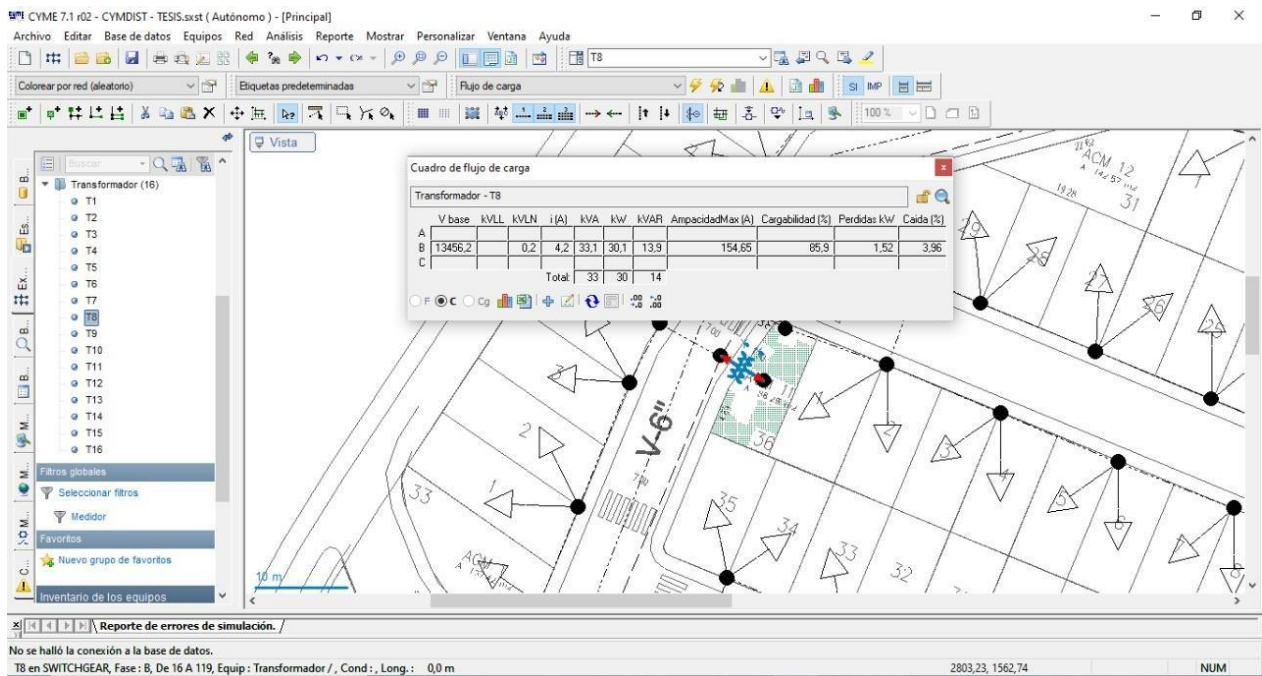


Figura 56 Cargabilidad del Transformador 8
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T9 de 50KVA/ 16 abonados está cargado al 89.58%.

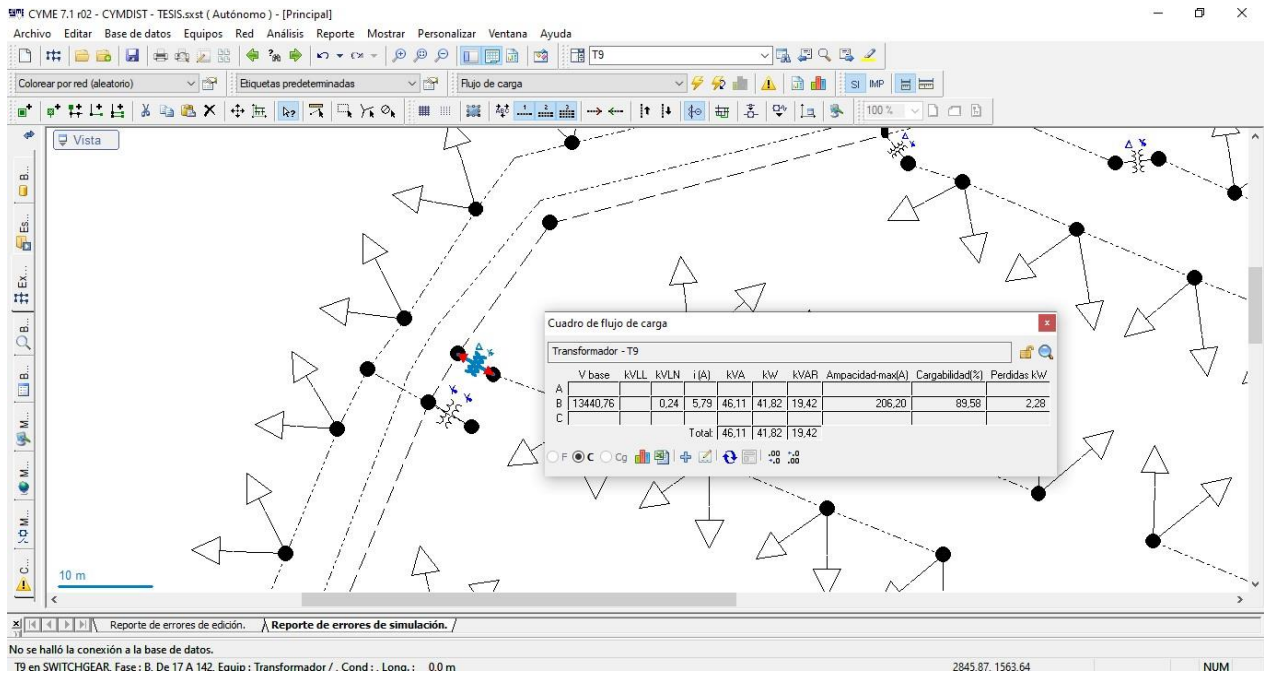


Figura 57 Cargabilidad del Transformador 9
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T10 de 50KVA/ 13 abonados está cargado al 74.61%.

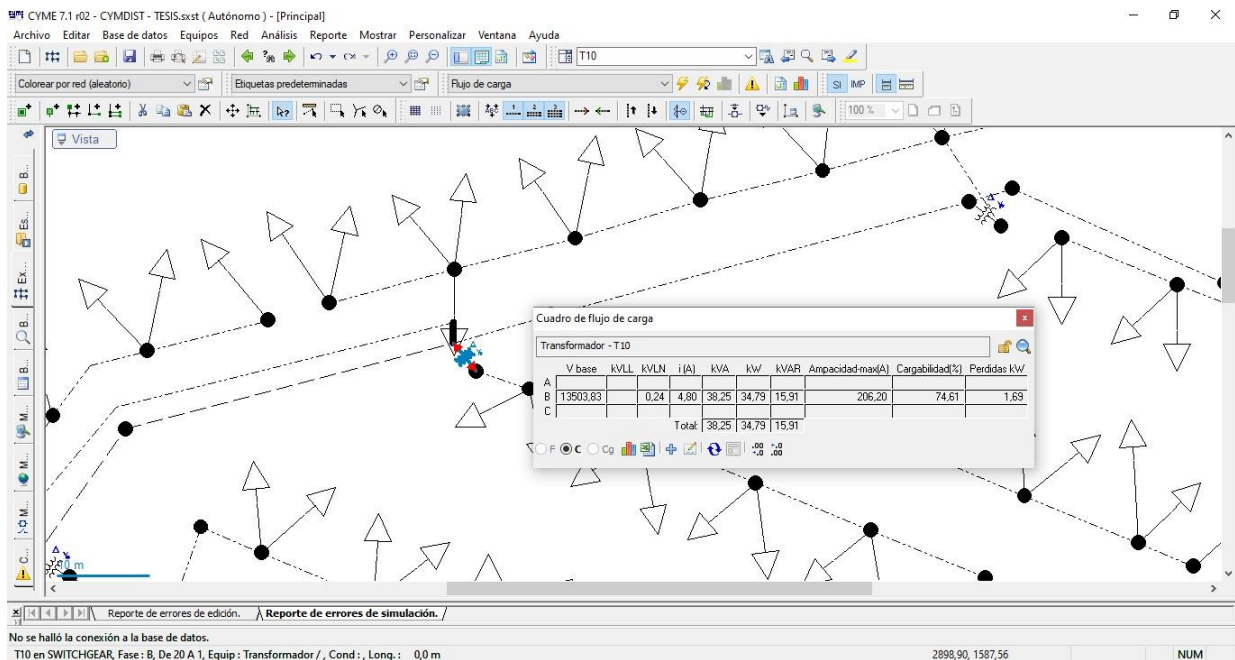


Figura 58 Cargabilidad del Transformador 10
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T11 de 37.5KVA/ 9 abonados está cargado al 71.68%.

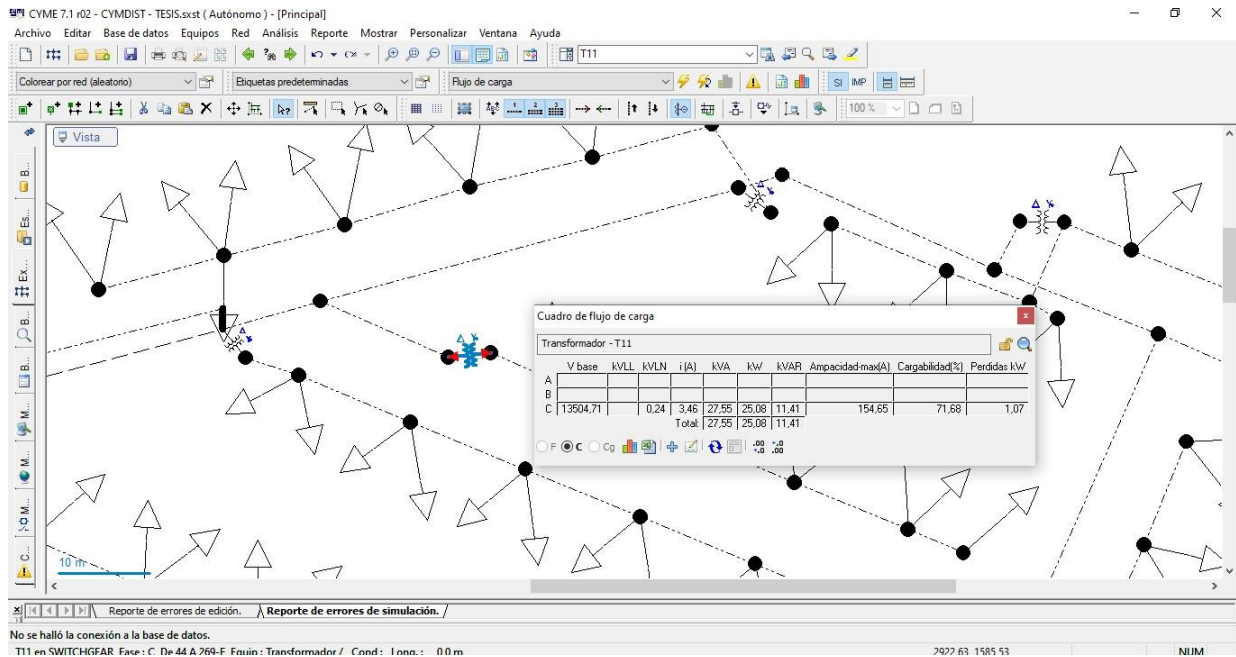


Figura 59 Cargabilidad del Transformador 11
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T12 de 75KVA/ 20 abonados está cargado al 80.53%.

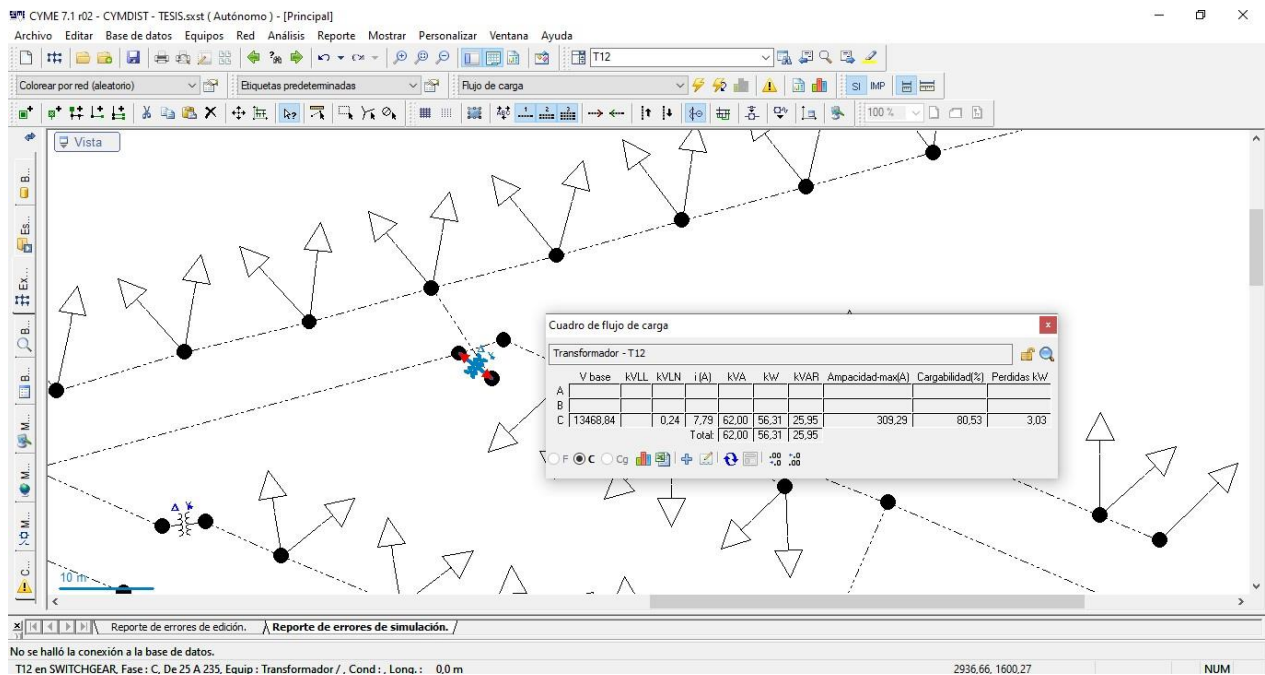


Figura 60 Cargabilidad del Transformador 12
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T13 de 37.5KVA/ 13 abonados está cargado al 84.9%.

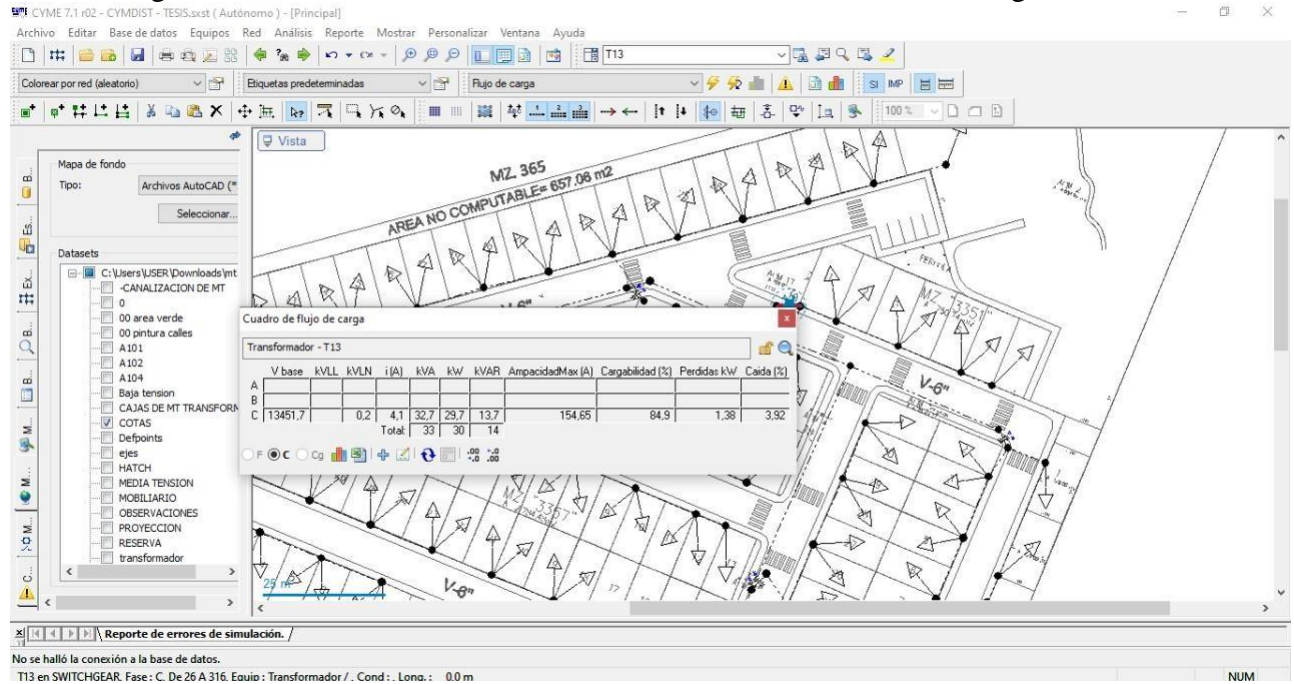


Figura 61 Cargabilidad del Transformador 13
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T14 de 37.5KVA/ 8 abonados está cargado al 74.24%.

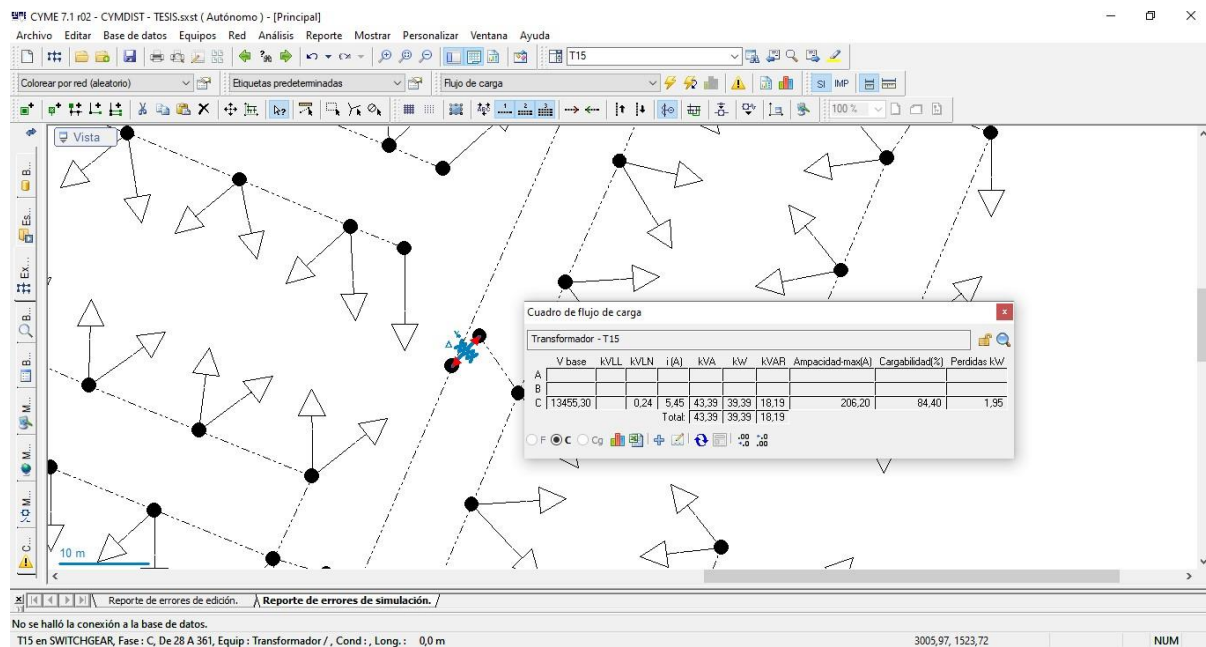


Figura 62 Cargabilidad del Transformador 14
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T15 de 50KVA/ 15 abonados está cargado al 84.40%.

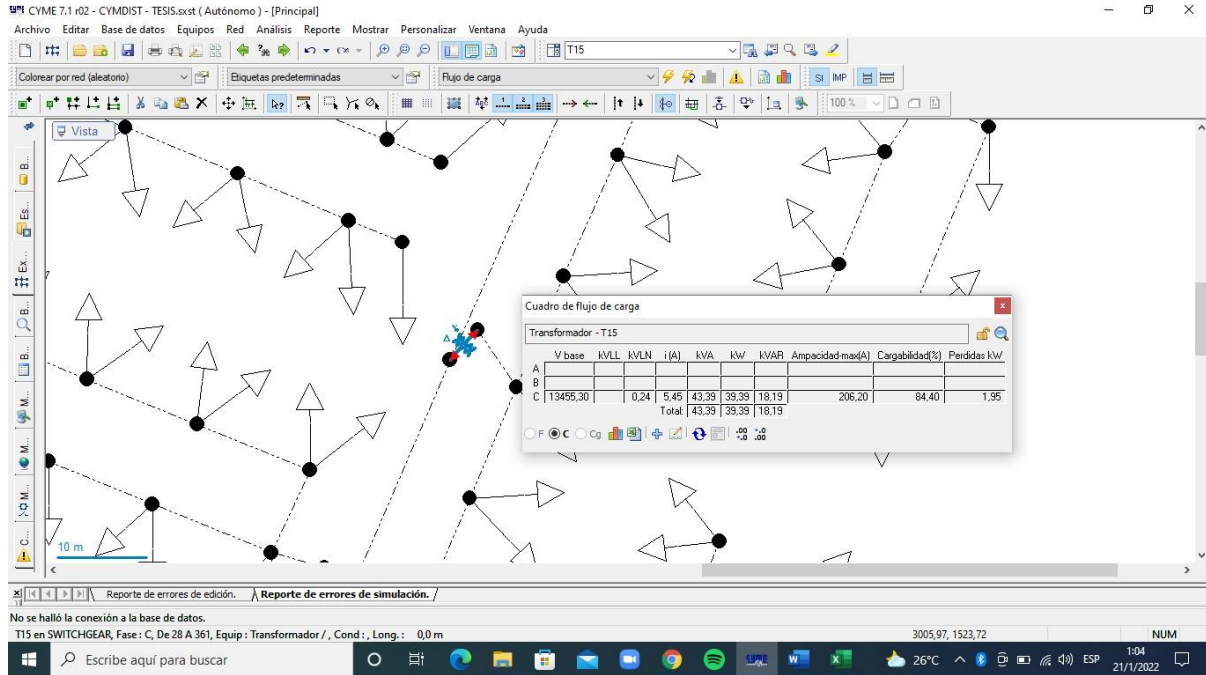


Figura 63 Cargabilidad del Transformador 15
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- Cargabilidad en transformador T16 de 50KVA/ 16 abonados está cargado al 85.8%.

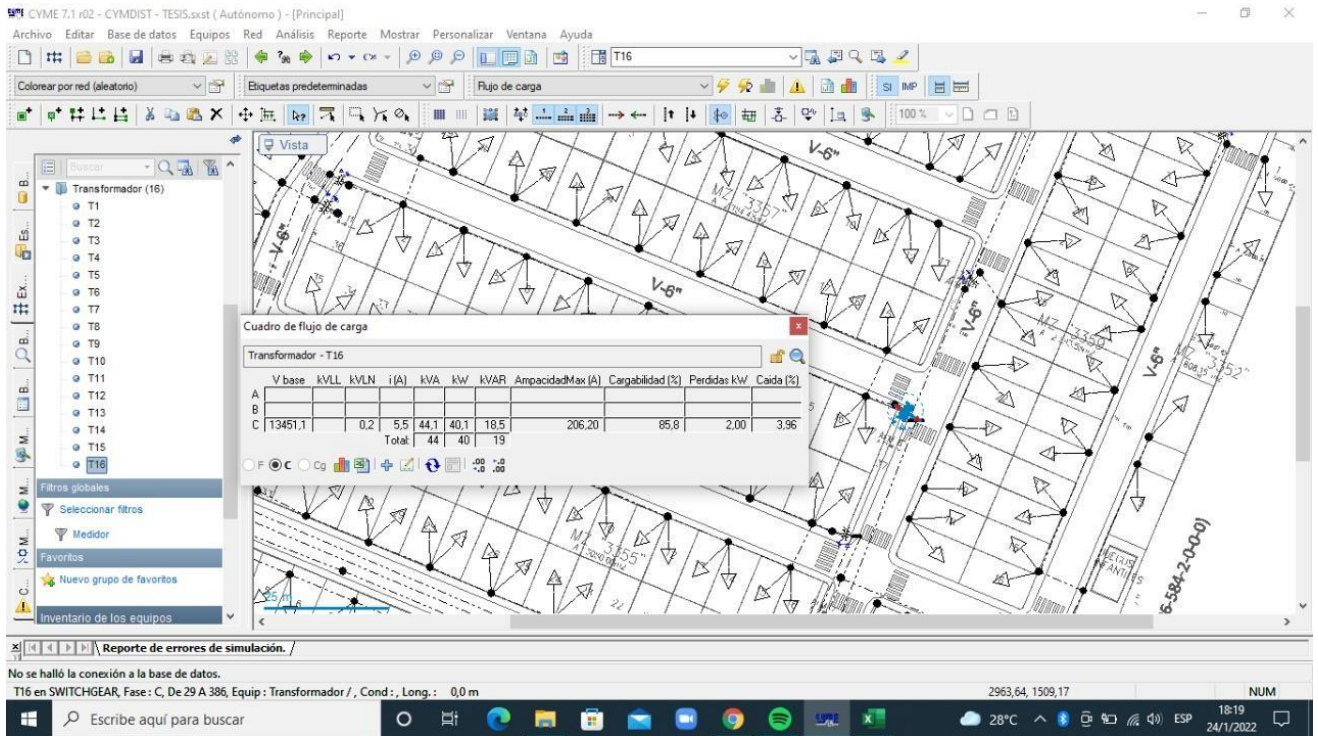


Figura 64 Cargabilidad del Transformador 16
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

Reporte Cymdist de los transformadores.

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

Tabla 6 Cargabilidad de los transformadores.

- Simulación de cortocircuito en media tensión:
 FASE "A", FASE "B" y FASE "C" = 4068A
 FASE "A", FASE "B" y TIERRA= 5424A
 FASE "A" y FASE "B" = 3523A
 FASE "A" y TIERRA= 5380A

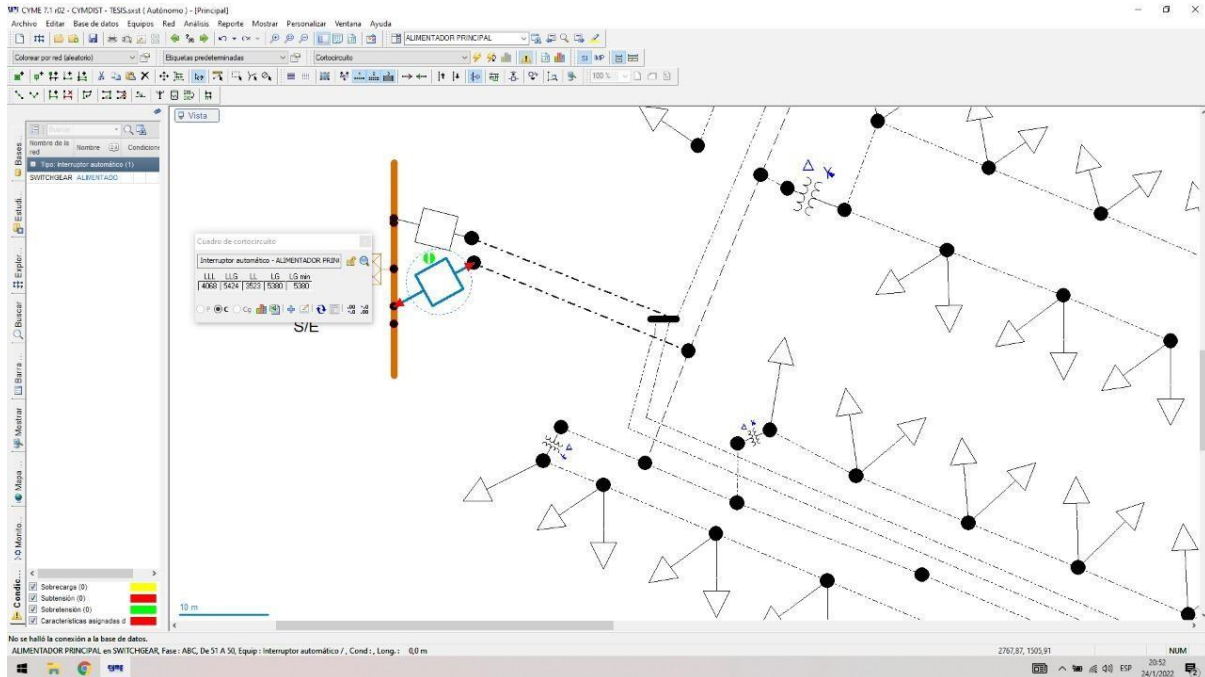
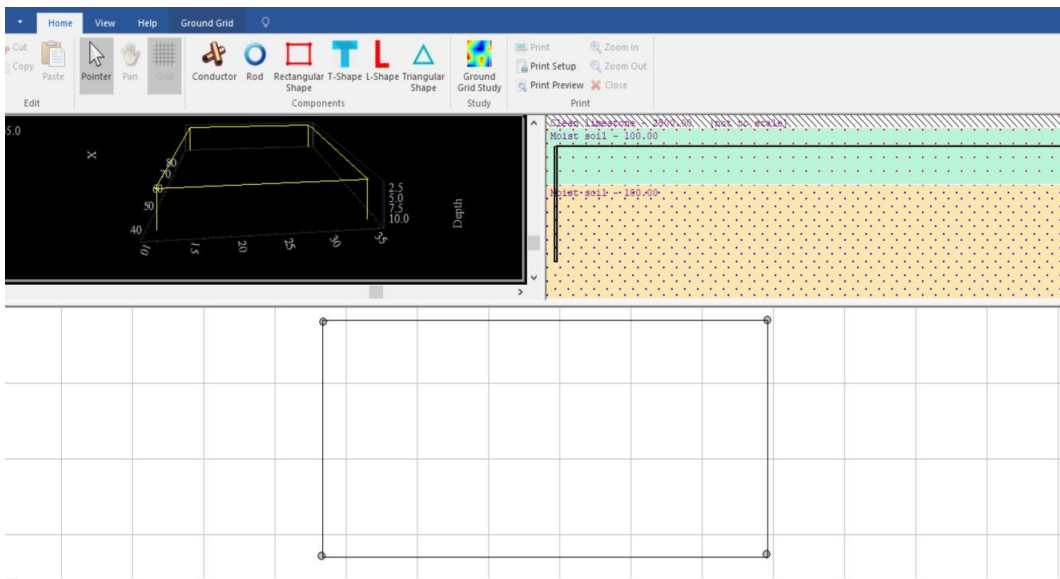
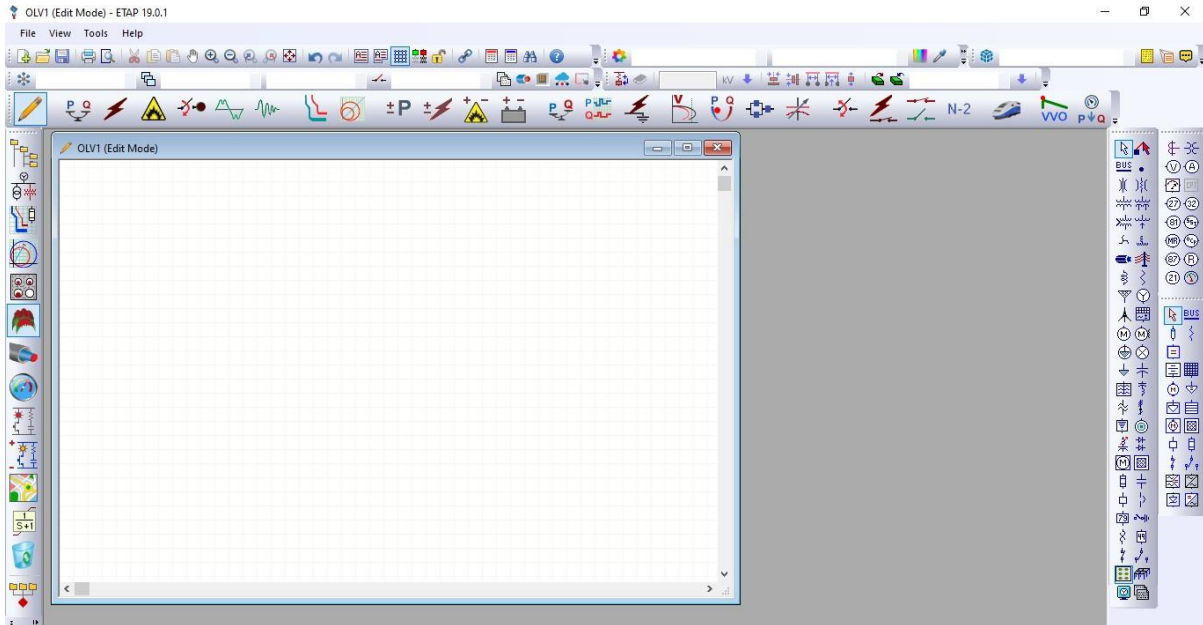


Figura 65 Simulación de cortocircuito
Fuente: Software Cymdist / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

3.2.2. SIMULACION DE MALLA A TIERRA:



3.2.3. SIMULACION DE CAIDA DE TENSION:

3.2.3.1. TRANSFORMADOR T1-75KVA1F/240/120V UN CIRCUITO:

		Voltaje	CABLE	Voltaje	% CAIDA	DESCRIPCIÓN
I (Amp)	L (mts)	Caída (volts)			VOLTAJE	
180.00	7	0.3429	2#250TTU+1#4/0TTU	240	0.143%	RECORRIDO 1
158.00	14	0.6020	2#250TTU+1#4/0TTU	240	0.251%	
136.00	14	0.5182	2#250TTU+1#4/0TTU	240	0.216%	
114.00	14	0.4344	2#250TTU+1#4/0TTU	240	0.181%	
92.00	14	0.3505	2#250TTU+1#4/0TTU	240	0.146%	
70.00	14	0.2667	2#250TTU+1#4/0TTU	240	0.111%	
48.00	14	0.1829	2#250TTU+1#4/0TTU	240	0.076%	
26.00	7	0.0495	2#250TTU+1#4/0TTU	240	0.021%	
LA CAIDA DE VOLTAJE ACUMULADA ES DEL					1.145%	

Tabla 7 Caída de tensión del transformador de 75KVA 1 recorrido

3.2.3.2. TRANSFORMADOR T6 Y T12-75KVA1F/240/120V DOS CIRCUITOS:

114.00	7	0.2572	2#4/0TTU+1#3/0TTU	240	0.107%	RECORRIDO 1
92.00	14	0.4151	2#4/0TTU+1#3/0TTU	240	0.173%	
70.00	14	0.3158	2#4/0TTU+1#3/0TTU	240	0.132%	
48.00	14	0.2166	2#4/0TTU+1#3/0TTU	240	0.090%	
26.00	14	0.1173	2#4/0TTU+1#3/0TTU	240	0.049%	
LA CAIDA DE VOLTAJE ACUMULADA ES DEL					0.551%	
114.00	7	0.2572	2#4/0TTU+1#3/0TTU	240	0.107%	RECORRIDO 2
92.00	14	0.4151	2#4/0TTU+1#3/0TTU	240	0.173%	
70.00	14	0.3158	2#4/0TTU+1#3/0TTU	240	0.132%	
48.00	14	0.2166	2#4/0TTU+1#3/0TTU	240	0.090%	
26.00	14	0.1173	2#4/0TTU+1#3/0TTU	240	0.049%	
LA CAIDA DE VOLTAJE ACUMULADA ES DEL					0.551%	

Tabla 8 Caída de tensión del transformador de 75KVA 2 recorridos

3.2.3.3. TRANSFORMADOR T3, T7, T9, T15 Y T16-50KVA1F/240/120V DOS CIRCUITOS:

I (Amp)	L (mts)	Voltaje Caída (volts)	CABLE	VOLTAJE	% CAIDA VOLTAJE	DESCRIPCIÓN
108.00	7	0.3067	2#3/0TTU+1#2/0TTU	240	0.128%	RECORRIDO 1
86.29	14	0.4901	2#3/0TTU+1#2/0TTU	240	0.204%	
64.29	14	0.3651	2#3/0TTU+1#2/0TTU	240	0.152%	
42.29	14	0.2402	2#3/0TTU+1#2/0TTU	240	0.100%	
20.29	7	0.0576	2#3/0TTU+1#2/0TTU	240	0.024%	

LA CAIDA DE VOLTAJE ACUMULADA ES DEL					0.608%	
108.00	7	0.3067	2#3/OTTU+1#2/OTTU	240	0.128%	RECORRIDO 2
86.29	14	0.4901	2#3/OTTU+1#2/OTTU	240	0.204%	
64.29	14	0.3651	2#3/OTTU+1#2/OTTU	240	0.152%	
42.29	14	0.2402	2#3/OTTU+1#2/OTTU	240	0.100%	
LA CAIDA DE VOLTAJE ACUMULADA ES DEL					0.584%	

Tabla 9 Caída de tensión del transformador de 50KVA 2 recorridos

3.2.3.4. TRANSFORMADOR T4, T5, T8, T11, T13 Y T14 -37.5KVA 1F/240/120V DOS CIRCUITOS:

TRANSFORMADOR 37.5 KVA T4, T5, T8, T11, T13 Y T14						
104.7	7	0.4724	2#1/OTTU+N#2TTU	240	0.197%	RECORRIDO 1
83.76	14	0.7558	2#1/OTTU+N#2TTU	240	0.315%	
62.82	14	0.5669	2#1/OTTU+N#2TTU	240	0.236%	
41.88	14	0.3779	2#1/OTTU+N#2TTU	240	0.157%	
LA CAIDA DE VOLTAJE ACUMULADA ES					0.905%	
104.7	7	0.4724	2#1/OTTU+N#2TTU	240	0.197%	RECORRIDO 2
83.76	14	0.7558	2#1/OTTU+N#2TTU	240	0.315%	
62.82	14	0.5669	2#1/OTTU+N#2TTU	240	0.236%	
41.88	14	0.3779	2#1/OTTU+N#2TTU	240	0.157%	
20.29	7	0.0915	2#1/OTTU+N#2TTU	240	0.038%	
LA CAIDA DE VOLTAJE ACUMULADA ES					0.944%	

Tabla 10 Caída de tensión del transformador de 37,5KVA 2 recorridos

3.2.3.5. TRANSFORMADOR T10 Y T02 -50KVA 1F/240/120V UN CIRCUITO:

TRANSFORMADOR 50KVA T10						
158.	7	0.4487	2#3/OTTU+1#2/OTTU	240	0.187%	RECORRIDO 1
137.	14	0.7781	2#3/OTTU+1#2/OTTU	240	0.324%	
116.	14	0.6588	2#3/OTTU+1#2/OTTU	240	0.275%	
95.	14	0.5396	2#3/OTTU+1#2/OTTU	240	0.225%	
74.	14	0.4203	2#3/OTTU+1#2/OTTU	240	0.175%	
53.	14	0.3010	2#3/OTTU+1#2/OTTU	240	0.125%	
32.	14	0.1817	2#3/OTTU+1#2/OTTU	240	0.076%	
11.	7	0.0312	2#3/OTTU+1#2/OTTU	240	0.013%	
LA CAIDA DE VOLTAJE ACUMULADA ES					1.387%	

Tabla 11 Caída de tensión del transformador de 50KVA 1 recorrido

3.2.4. SIMULACION DE RED DE ALUMBRADO PUBLICO:

La simulación y verificación del correcto funcionamiento de la red de alumbrado se realizó con el software de cálculo lumínico DIALUX EVO:

PASO#1: Posterior a la apertura del software, se deberá seleccionar la opción resaltada en la imagen a continuación (Iluminación de carreteras).

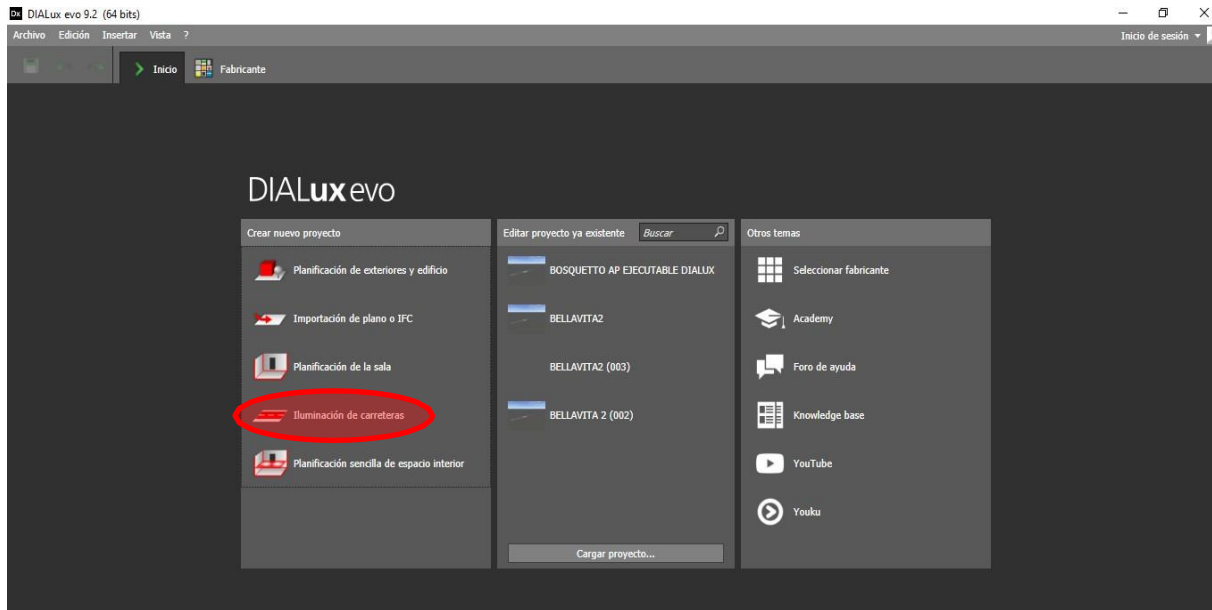


Figura 66 Apertura Software Dialux
Fuente: Software Dialux / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- **PASO#2:** Se deberán asignar datos a las variables de la vía en el programa como:
 Ancho de vía (Caso de estudio, Urb. Bosquetto 7 metros).
 Cantidad de Carriles (Caso de estudio, Urb. Bosquetto 2carriles).
 Perfil de vía pública (Caso de estudio, Urb. Bosquetto a espaldón de vía).

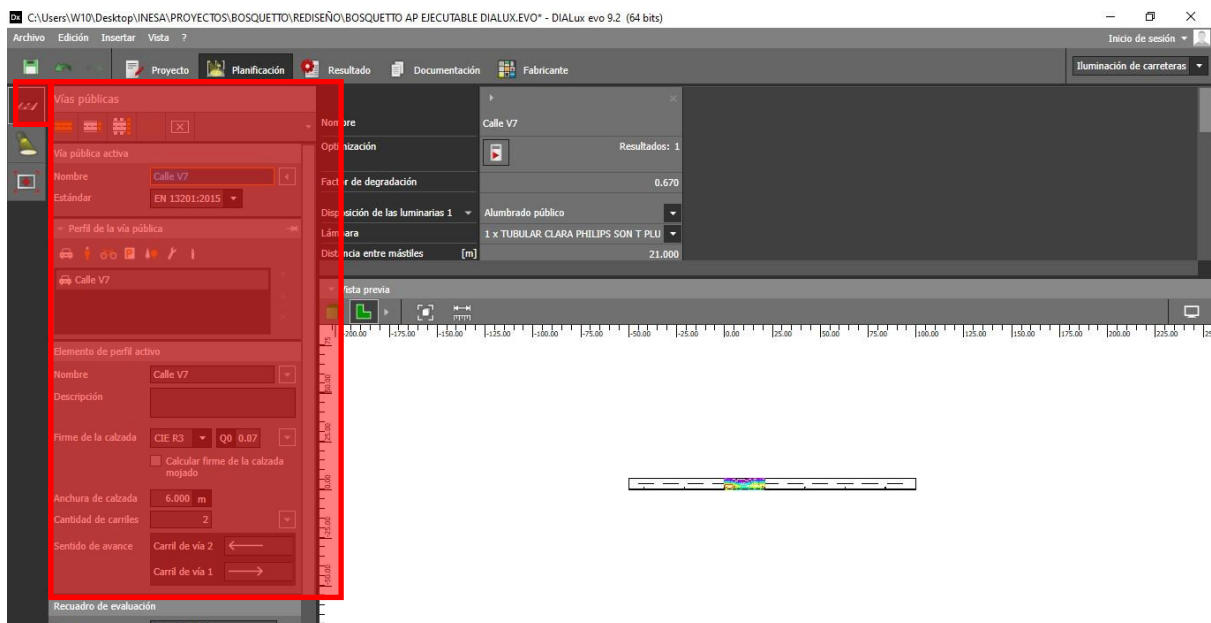


Figura 67 Asignación de datos en el software Dialux
Fuente: Software Dialux / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- **PASO#3:** Se deberán asignar datos a las variables de las luminarias en el programa como:

Distancia entre puntos de mástiles: (Caso de estudio, Urb. Boschetto 21 metros).

Altura de punto de luz (Caso de estudio, Urb. Boschetto postes de 10m).

Longitud del brazo (Caso de estudio, Urb. Boschetto 1.50 metros).

Tipo de disposición (Caso de estudio, Urb. Boschetto Disposicion Unilateral abajo).

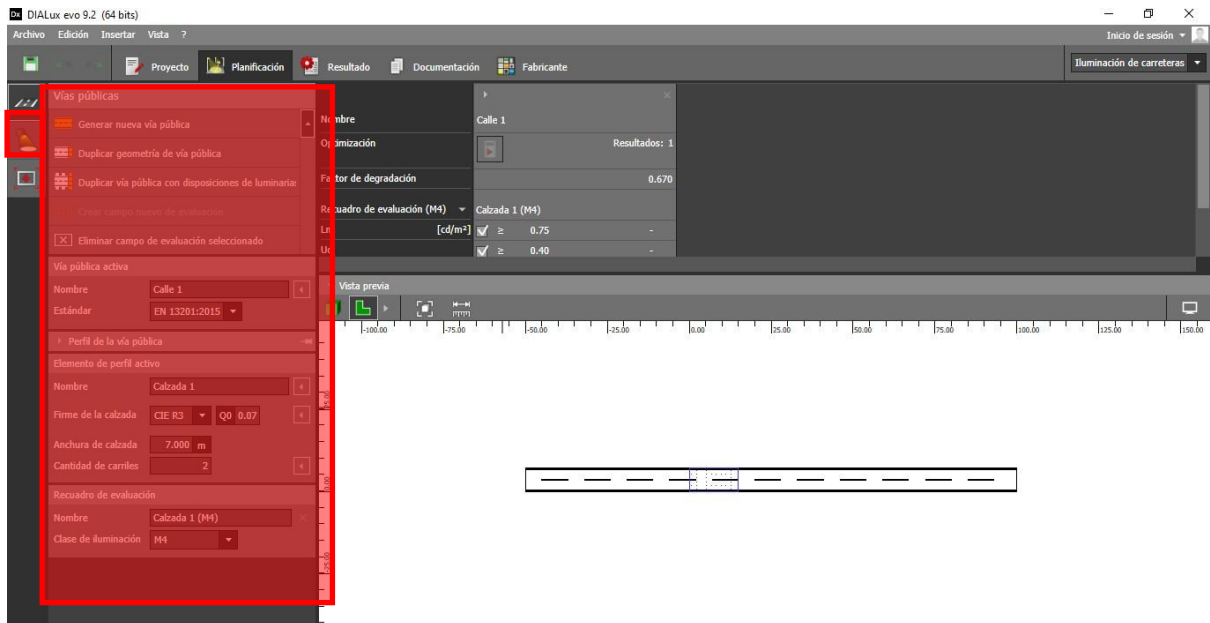


Figura 68 Variables de luminarias
Fuente: Software Dialux / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- **PASO#4:** Con los datos ingresados el software muestra la simulación en 3D.

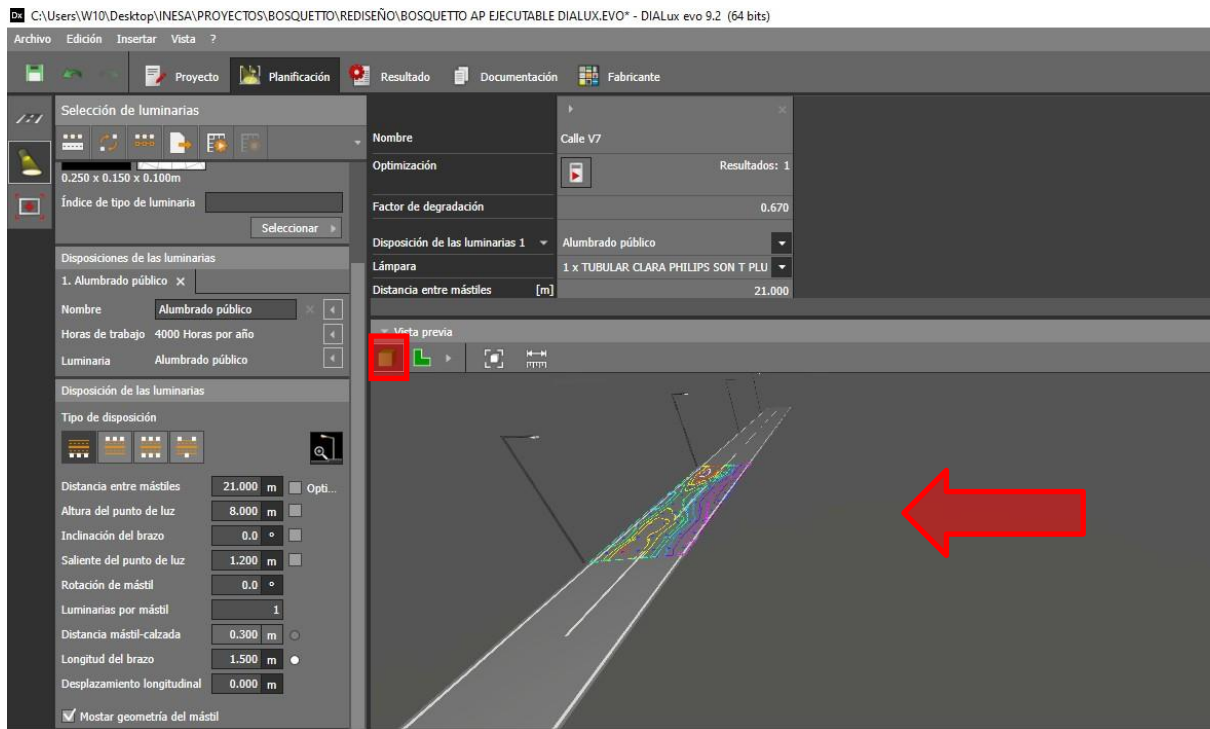


Figura 69 Simulación en 3D

Fuente: Software Dialux / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- **PASO#5:** Con los datos ingresados el software muestra la simulación con vista superior o de planta.

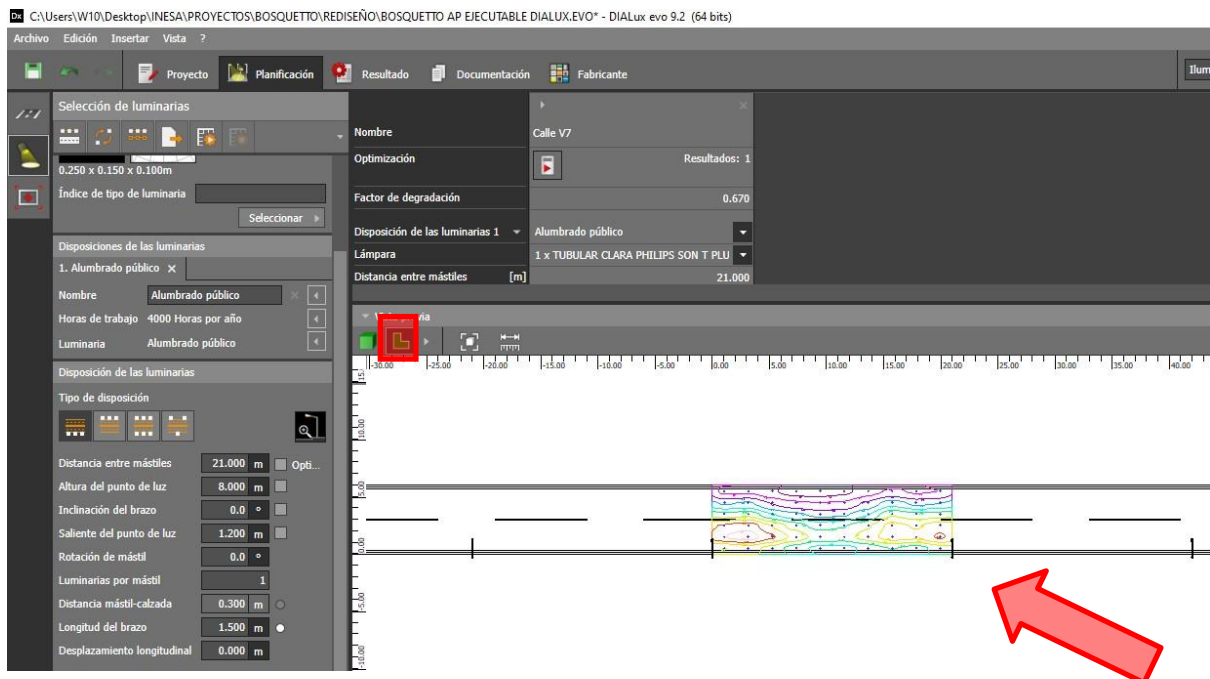


Figura 70 Simulación con vista del alto

Fuente: Software Dialux / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- **PASO#6:** Una vez verificados los datos ingresados en las vistas 2D y 3D, se procede con la puesta en marcha del programa.

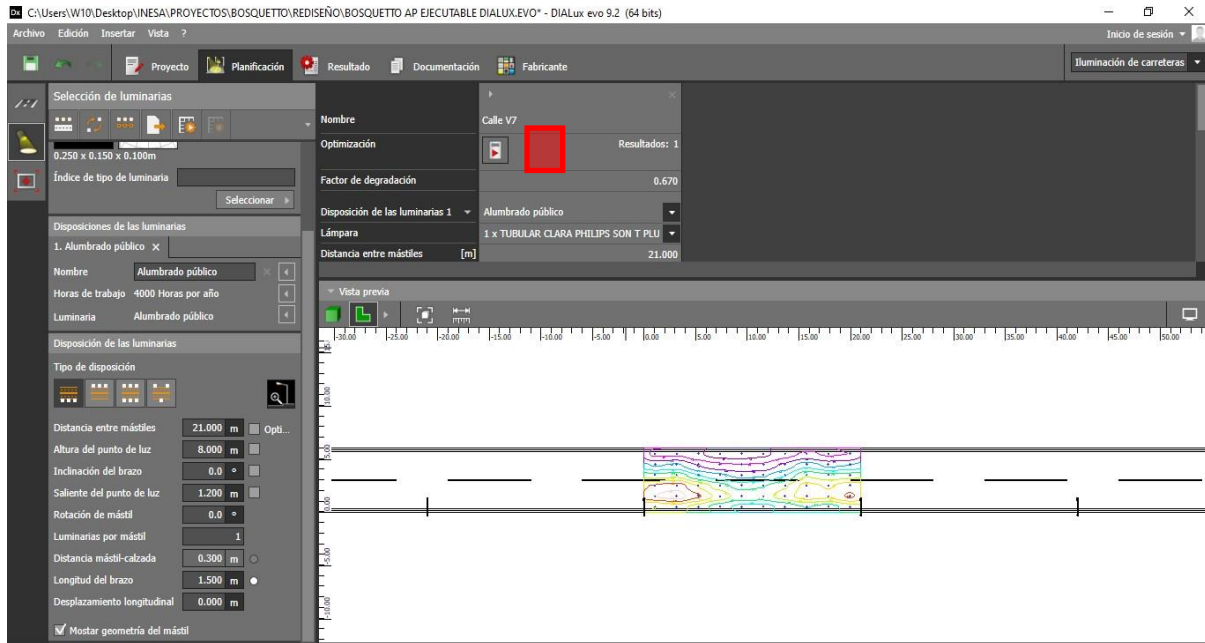


Figura 71 Simulación final

Fuente: Software Dialux / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

- **PASO#7:** Se verifica el recuadro de evaluación, donde se destacan que los resultados obtenidos han sido satisfactorios de acuerdo a las exigencias de CNEL EP.

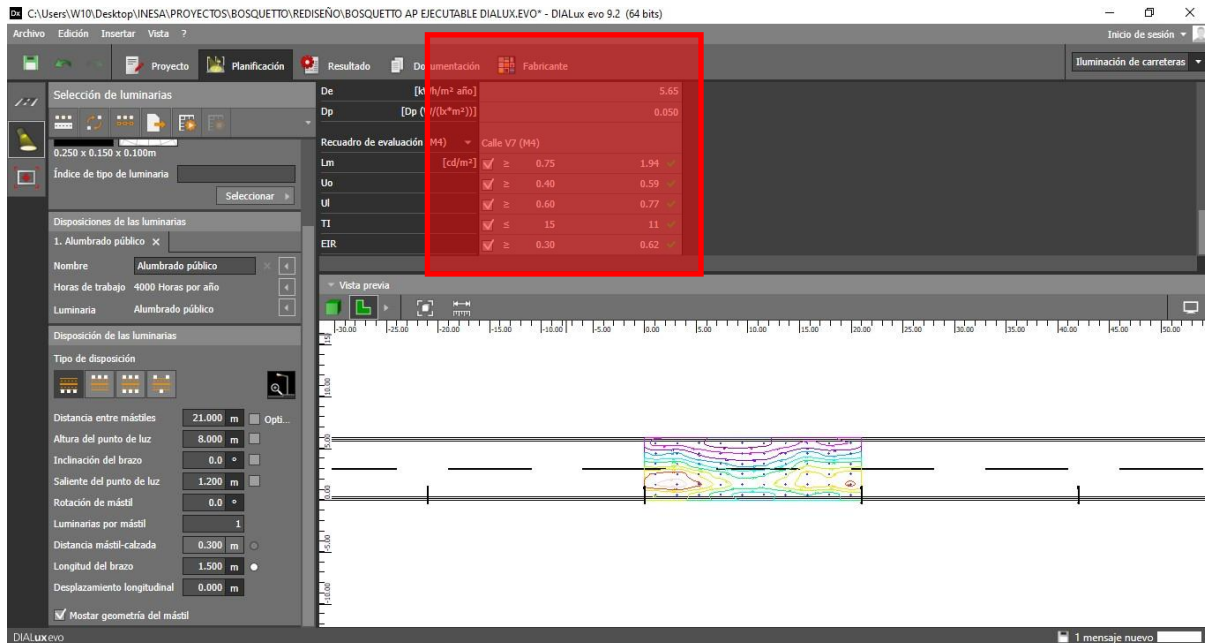


Figura 72 Resultados de simulación

Fuente: Software Dialux / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

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

Figura 73 Resultados aceptados

Fuente: Software Dialux / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

Lm: Lúmenes convertidos a candelas/metro (Deberá contar con checklist que indica valor satisfactorio).

Uo: Uniformidad general de luminancia de la calzada (Deberá contar con checklist que indica valor satisfactorio).

Ul: Uniformidad longitudinal sobre la calzada (Deberá contar con checklist que indica valor satisfactorio).

Ti: Deslumbramiento (Deberá contar con checklist que indica valor satisfactorio).

EIR: Relación de alrededores (Deberá contar con checklist que indica valor satisfactorio).

- PASO#8:** Impresión de archivo con resultados obtenidos de la simulación, el software una vez ejecutado la simulación genera automáticamente un documento de formato PDF, con los datos y parámetros de estos resultados, el cual podrá ser descargado e impreso como argumento del funcionamiento.

The screenshot displays the Dialux Evo 9.2 software interface. The title bar shows the file path: C:\Users\W10\Desktop\INESA\PROYECTOS\BOSQUETTO\REDISEÑO\BOSQUETTO AP EJECUTABLE DIALUX.EVO* - DIALux evo 9.2 (64 bits). The menu bar includes 'Archivo', 'Edición', 'Insertar', 'Vista', and 'Inicio de sesión'. The ribbon contains 'Proyecto', 'Planificación', 'Resultado', 'Documentación' (highlighted with a red box), 'Fabricante', and 'Configuración'. The left sidebar shows 'Selección de página' with options like 'Mostrar documentación completa', 'Importar selección de páginas', and 'Exportar selección de páginas'. Below this is a search bar and a list of project elements under 'URBANIZACION BOSQUETTO', including 'Portada', 'Observaciones preliminares', 'Contenido', 'Contactos', 'Descripción', 'Imágenes', 'Lista de luminarias', and 'Fichas de producto'. The main workspace shows two preview windows for 'Resumen (hacia EN 13201:2015)'. The left preview shows a lighting layout diagram with the text 'Calle V7 (M4) 128.00 W' and 'Pavimento: CIE Ra, qt: 0.370'. The right preview shows a summary table with columns for 'Categoría', 'Cantidad', 'Unidad', and 'Valor'. A red arrow points to a small icon in the bottom right corner of the workspace.

Figura 74 Reporte del Software Dialux
Fuente: Software Dialux / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

CAPITULO IV

4.1. ANALISIS Y RESULTADOS:

En primer lugar, se comprobó por medio del software Autocad el manejo y edición del proyecto urbanístico entregado por el promotor, en el cual se pudieron implantar las redes de media tensión, baja tensión y alumbrado público, permitiendo dibujar la trayectoria de los circuitos y ubicación de los equipos, dándole sentido a la estructura de la red tipo anillo según la página 10, destinando la ubicación y alimentación de los transformadores a los abonados considerando la caída de tensión por distancias según los cálculos realizados en el numeral 3.1.9.5. Quedando así la siguiente tabla de ubicación y demanda de los transformadores:

UBICACIÓN Y DEMANDA DE TRANSFORMADORES					
N° TRANSFORMADOR EN EL PLANO AUTOCAD	FASE A	FASE B	FASE C	CAPACIDAD	MANZANA Y N° DE ABONADOS A ABASTECER
T1		75		75Kva	MZ. 3354 SL.1-15, ACM 9(CLUB).
T2	50			50Kva	MZ. 3355 SL.32-21; AEROBICOS.
T3	50			50Kva	MZ.3354 SL.16-26; MZ.3355 SL.20-17
T4	37.5			37.5Kva	MZ. 3353 SL.1-10
T5	37.5			37.5Kva	MZ. 3352 SL.4-5, MZ. 3359 SL. 9- 16.
T6	75			75Kva	MZ 3355 SL.16-7; MZ. 3356 SL 18-27.
T7		50		50Kva	MZ. 3355 SL.1-6; MZ. 3356 SL 28- 35.
T8		37.5		37.5Kva	MZ 3350 SL. 1-11; GARITA
T9		50		50Kva	MZ 3356 SL.1-8, MZ. 3357 SL. 22- 29.
T10		50		50Kva	MZ 3357 SL.1-13.
T11			37.5	37.5Kva	MZ 3358 SL.15-7.
T12			75	75Kva	MZ 3350 SL.12-31; (CANCHAS).
T13			37.5	37.5Kva	MZ 3351 SL.1-7, MA 3358 SL. 1-6.
T14			37.5	37.5Kva	MZ 3359 SL.2-8; MZ. 3352 1-3
T15			50	50Kva	MZ 3359 SL.1, 17-30.
T16			50	50Kva	MZ 3356 SL.9-17, MZ. 3357 SL. 14-21.

Tabla 12 Ubicación y demanda de transformadores

En cuanto a la red de baja tensión, se dimensionó considerando la demanda y distancia desde la fuente hasta el punto de conexión de los abonados, según las tablas de simulaciones descritas en el número 3.2.3. Quedando así los circuitos de la siguiente manera:

N° TRANSFORMADOR	CALIBRE DE CABLE TTU POR FASE	CALIBRE DE CABLE TTU PARA NEUTRO DEL CIRCUITO	N° DE CIRCUITO	MANZANAS Y N° DE ABONADOS
T1	250 MCM	4/0	1	MZ. 3354 SL. 1-15, ACM 9(CLUB).
T2	3/0	2/0	1	MZ. 3355 SL. 32-21; AEROBICOS.
T3	3/0	2/0	2	MZ. 3354 SL. 16-26; MZ. 3355 SL.20-17
T4	1/0	2	2	MZ. 3353 SL. 1-10
T5	1/0	2	2	MZ. 3352 SL. 4-5, MZ. 3359 SL. 9-16.
T6	4/0	3/0	2	MZ 3355 SL. 16-7; MZ. 3356 SL 18-27.
T7	3/0	2/0	2	MZ. 3355 SL. 1-6; MZ. 3356 SL 28-35.
T8	1/0	2	2	MZ 3350 SL. 1-11; GARITA
T9	3/0	2/0	2	MZ 3356 SL. 1-8, MZ. 3357 SL. 22-29.
T10	3/0	2/0	1	MZ 3357 SL. 1-13.
T11	1/0	2	1	MZ 3358 SL. 15-7.
T12	4/0	3/0	2	MZ 3350 SL. 12-31; (CANCHAS).
T13	1/0	2	2	MZ 3351 SL. 1-7, MZ 3358 SL. 1-6.
T14	1/0	2	2	MZ 3359 SL. 2-8; MZ. 3352 1-3
T15	3/0	2/0	2	MZ 3359 SL. 1, 17-30.
T16	4/0	3/0	2	MZ 3356 SL. 9-17, MZ. 3357 SL. 14-21.

Tabla 13 Calibre de conductor

Estos cálculos pudieron comprobarse mediante la simulación del software Cymdist, originándose una tabla de resultados, en la cual se pueden apreciar los siguientes valores con rangos aceptables para la aprobación del diseño:

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

TR	Nudo origen	Calibre de conductor	V	Longitud m	Potencia Activa (kW)	Potencia Reactiva (kvar)	Potencia Aparente (kVA)	Fp promedio (%)	IEquil (A)	Desfase I (°)	Pérdidas totales (kW)	Pérdidas totales (kvar)	Carga (%)	Dv(V) (%)
T11	SL15	2P_2000V.TTU.C U.1/0_TESIS	240	7	24.73	10.53	27	92	113.3	-24.57	0.1	0	75.5	0.21
T12	SL23- SL24	2P_2000V.TTU.C U.4/0_TESIS	240	14	22.56	9.62	25	91.98	104.3	-24.81	0.1	0	31.1	0.32
T12	SL21- SL22	2P_2000V.TTU.C U.4/0_TESIS	240	14	27.64	11.80	30	91.98	127.8	-24.82	0.1	0.1	38.2	0.39
T13	SL1	2P_2000V.TTU.C U.1/0_TESIS	240	7	18.34	7.81	20	92	84.7	-25.16	0	0	56.5	0.15
T13	SL5	2P_2000V.TTU.C U.1/0_TESIS	240	9.7	15.71	6.69	17	92	72.5	-25.16	0	0	48.4	0.18
T14	SL1	2P_2000V.TTU.C U.1/0_TESIS	240	8.3	8.09	3.44	9	92	37.1	-24.72	0	0	24.7	0.08
T14	SL2	2P_2000V.TTU.C U.1/0_TESIS	240	7	18.91	8.05	21	92	86.8	-24.71	0	0	57.8	0.16
T15	SL25- SL26	2P_2000V.TTU.C U.3/0_TESIS	240	14	15.48	6.60	17	91.99	71.4	-24.87	0	0	35.7	0.23
T15	SL23- SL24	2P_2000V.TTU.C U.3/0_TESIS	240	14	18.08	7.71	20	91.99	83.4	-24.87	0	0	41.7	0.27
T16	SL14- SL15	2P_2000V.TTU.C U.3/0_TESIS	240	10.3	20.42	8.70	22	91.99	94.4	-25.09	0	0	47.2	0.22
T16	SL15- SL16	2P_2000V.TTU.C U.3/0_TESIS	240	14	17.86	7.61	19	91.99	82.6	-25.09	0	0	41.3	0.27
T10	SL1	2P_2000V.TTU.C U.3/0_TESIS	240	7	34.31	14.64	37	91.98	157.2	-24.67	0.1	0	78.6	0.25
T5	SL15- SL16	2P_2000V.TTU.C U.1/0_TESIS	240	9.8	21.65	9.22	24	92	99.6	-24.72	0.1	0	66.4	0.25
T5	SL15	2P_2000V.TTU.C U.1/0_TESIS	240	33.8	5.39	2.30	6	92	24.8	-24.72	0	0	16.5	0.22
T2	SL32- SL31	2P_2000V.TTU.C U.3/0_TESIS	240	7	31.62	13.49	34	91.98	144.9	-24.66	0.1	0	72.5	0.23
T3	SL17- SL18	2P_2000V.TTU.C U.3/0_TESIS	240	7	11.17	4.76	12	92	51.5	-25.01	0	0	25.7	0.08
T3	SL17- SL18	2P_2000V.TTU.C U.3/0_TESIS	240	25.7	31.04	13.24	34	91.98	143	-25.04	0.3	0.1	71.5	0.85
T4	SL10	2P_2000V.TTU.C U.1/0_TESIS	240	14	13.51	5.75	15	92	62.2	-24.72	0	0	41.5	0.23
T4	SL1	2P_2000V.TTU.C U.1/0_TESIS	240	14	13.51	5.75	15	92	62.2	-24.72	0	0	41.5	0.23
T6	SL19- SL20	2P_2000V.TTU.C U.4/0_TESIS	240	14	20.11	8.57	22	91.99	92.4	-24.64	0.1	0	27.6	0.28
T6	SL15- SL16	2P_2000V.TTU.C U.4/0_TESIS	240	10.1	25.17	10.74	27	91.98	115.7	-24.65	0.1	0	34.5	0.26
T7	SL1	2P_2000V.TTU.C U.3/0_TESIS	240	14	15.35	6.54	17	91.99	70.4	-24.72	0	0	35.2	0.23
T7	SL34- SL35	2P_2000V.TTU.C U.3/0_TESIS	240	10.7	20.50	8.74	22	91.99	94	-24.72	0	0	47	0.23
T1	SL1	2P_2000V.TTU.C U.250_TESIS	240	14	33.57	14.34	36	91.96	153.6	-24.39	0.2	0.1	60.2	0.47
T8	SL4	2P_2000V.TTU.C U.1/0_TESIS	240	7	13.33	5.68	14	92	61.7	-25.04	0	0	41.2	0.11
T8	SL5	2P_2000V.TTU.C U.1/0_TESIS	240	7	18.70	7.96	20	92	86.6	-25.04	0	0	57.7	0.16
T9	SL2-SL3	2P_2000V.TTU.C U.3/0_TESIS	240	14	15.36	6.54	17	91.99	71	-24.98	0	0	35.5	0.23
T9	SL29	2P_2000V.TTU.C U.3/0_TESIS	240	10.1	20.53	8.75	22	91.99	95	-24.99	0	0	47.5	0.22

Tabla 14 Reporte software Cymdist

En lo que se refiere a la red de alumbrado público se pudo diseñar la red de acuerdo a la normativa vigente del ente regulador de electricidad detallado en el numeral 2.1.3.8.9. en el programa AutoCAD, considerando la distancia de acuerdo a la curva fotométrica de la luminaria propuesta detallada en el apartado ANEXOS. La altura del poste, dimensiones de

brazo e inclinación de la lámpara se pudieron constatar su correcto funcionamiento mediante el programa DialuxEvo; dicho programa arrojó la siguiente tabla de resultados.

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

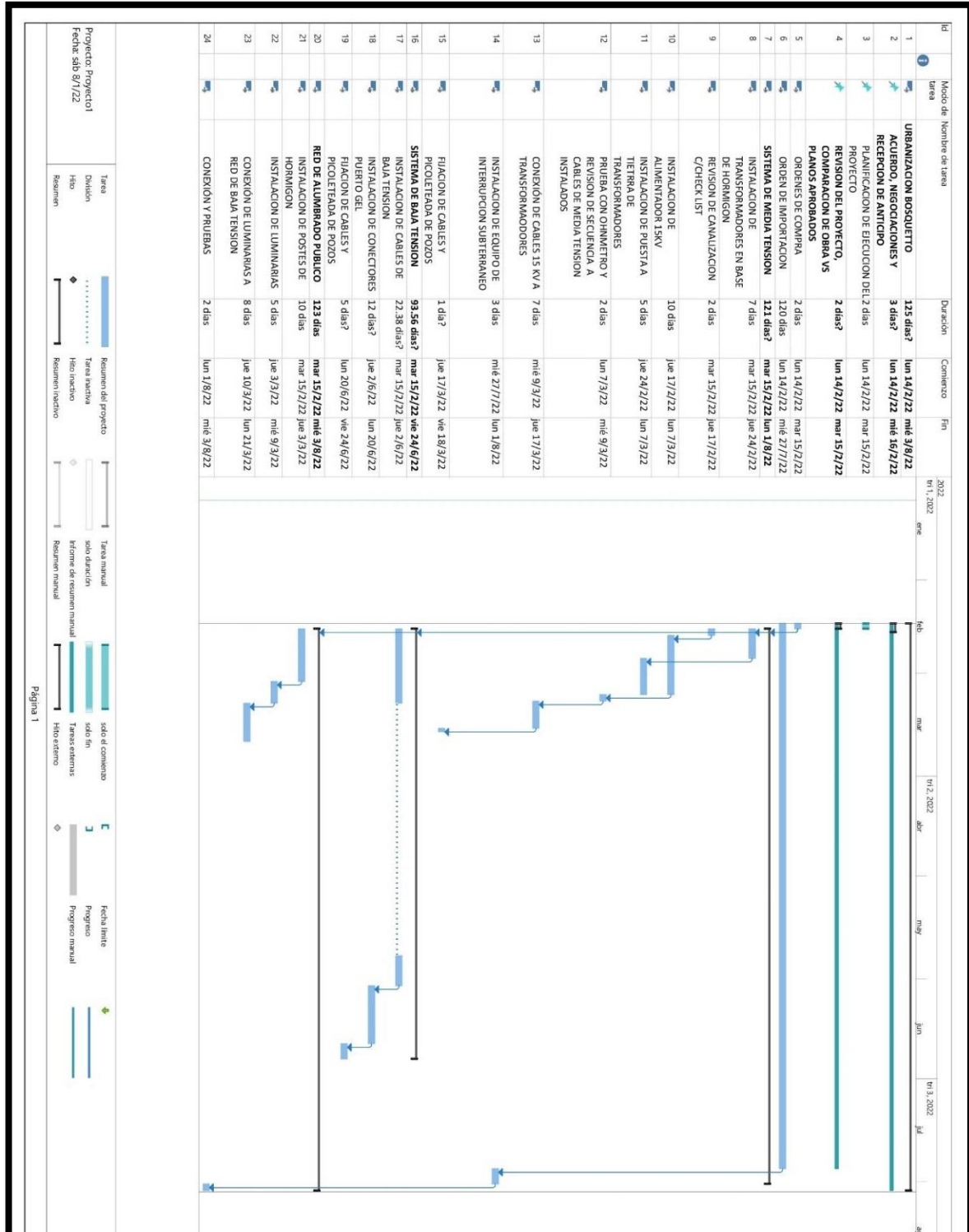
Figura 75 Tabla de resultados de alumbrado público
Fuente: Software Dialux / Jesús Bravo y Álvaro Ochoa

4.2. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (Microsoft Project)

INICIO DE ACTIVIDADES: 14/02/2022

FIN DE ACTIVIDADES: 3/8/2022

RUTAS CRITICAS: RECEPCION DE ANTICIPO E IMPORTACION DE EQUIPOS.



4.3. PRESUPUESTO DEL DISEÑO:

Guayaquil; 15 de febrero
del 2022

PRESUPUESTO DE DISEÑO PARA REDES ELÉCTRICAS EN MEDIO VOLTAJE, BAJO VOLTAJE Y ALUMBRADO PÚBLICO PARA URBANIZACIONES					
ITEM	DESCRIPCION	U/M	CANT.	P. UNIT	TOTAL
1	Computadora HP Laptop AMD Ryzen 5 4500U 8GB SDRAM 512GB SSD Windows	U	1	\$1,230.19	\$1,230.19
2	Licencia para software de simulaciones	U	3	\$300.00	\$900.00
3	Transporte y salidas a campo (Inspecciones de obra)	GLB	1	\$570.00	\$570.00
4	Materiales, suministro y servicios de internet	GLB	1	\$217.50	\$217.50
5	Tramites y gestiones ante CNEL EP	GLB	1	\$260.00	\$260.00
6	Costos indirectos, administración y dirección técnica	GLB	1	\$1,040.00	\$1,040.00
SUBTOTAL A PAGAR					\$4,217.69
IVA 12%					\$506.12
TOTAL, A PAGAR					\$4,723.81

NOTAS: *Pago a convenir

*Entregable:

- 1 carpeta con información aprobada por CNEL
- 1 carpeta con toda la información como borrador
- 1 Cd con toda la información.

CONCLUSIONES

- Con los datos suministrados por el Promotor del proyecto (Numero, demanda y ubicación de abonados) se determinó con el diseño realizado que para una urbanización con viviendas de tipo clase media y consumos de 8.66 KW que un transformador de 37.5 KVA abastecerá 12 viviendas, en segundo lugar, un transformador de 50 KVA abastecerá 16 villas, mientras que, para 23 casas el transformador destinado será de 75KVA como se especificó en el capítulo III, numeral 3.1.9.3 en la Tabla 15 Distribución de transformadores en la Urbanización Bosquetto. En este mismo capitulo los transformadores fueron ubicados por manzanas y destinados a abastecer los abonados detallados en la Tabla 3 Cálculos de demandas por transformador.
- El uso de programas como el CYMDIST permitió comprobar los cálculos de dimensionamiento de transformadores, AUTOCAD facilitó los dibujos de trayectoria de cables, ubicaciones de equipos y punto de conexión para abonados, en ETAP se diseñó el sistema de puesta a tierra del equipo principal de interrupción y DIALUXEvo se utilizó para el diseño de la red de alumbrado mediante un estudio de luminotecnia.
- Se pudo determinar la vital importancia de las protecciones a nivel de media tensión de acuerdo a la simulación de un corto circuito entre las tres fases del circuito y entre las fases y tierra, siendo la corriente de cortocircuito superior a 3500 amperios, con estos valores de corriente el equipo de interrupción subterráneo actuará automáticamente con la apertura de las vías que alimentan los cables involucrados, de manera que estos cables no representen ningún peligro para los habitantes y visitantes de las urbanizaciones.
- Finalmente, el diseño de redes eléctricas de topología subterráneas representa un cambio innovador, estético y moderno para las urbanizaciones, siempre que en el diseño sean considerado las adecuadas normas, regulaciones y criterios profesionales, así como las diversas y correctas ubicaciones de los equipos que no afecten la tranquilidad y vida de los habitantes.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda al diseñador que las redes eléctricas de topología subterránea sean de configuración anillo a nivel de media tensión, para que al momento de suscitarse una falla o novedad exista una alternativa de alimentación diferente al recorrido principal.
- Es importante que tanto el promotor como el diseñador consideren las áreas verdes de las urbanizaciones para la ubicación de los transformadores o equipos de interrupción, para no invadir los espacios de los que habitan y visitan las urbanizaciones, así como también la ubicación de los postes en los linderos de los solares para no afectar las fachadas de las villas, parqueos y tráfico vehicular.
- Se sugiere al constructor que ejecute el diseño, tome en cuenta la calidad y propiedades de los materiales de acuerdo a lo descrito en el CAPITULO III, ya que al ser de configuración subterránea deberá soportar las variables ambientales del suelo y así garantizar la continuidad del servicio eléctrico para los abonados.
- Es importante que el constructor conecta a tierra todos los quipos de media tensión para impedir cualquier corriente de fuga o posible energización del equipo.
- Para culminar se recomienda regirse por las normas actualizadas del ente regulador de electricidad en este caso CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIOS GUAYAQUIL.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- [1] A. J. Conejo Navarro *et al.*, *Instalaciones Eléctricas*. 2007.
- [2] Miguel Antonio Rodríguez Martín, “Instalaciones de distribución,” *Instalaciones Distrib.*, vol. 321, 2020.
- [3] R. N. Arconel-, R. N. Arconel, E. L. Directorio, and D. E. L. A. Agencia, “Y CONTROL DE ELECTRICIDAD – ARCONEL – Considerando : Que , el artículo 30 de la Constitución de la República establece el derecho de las personas a un hábitat seguro y saludable , y a una vivienda adecuada y digna , con independencia de su situación socia,” pp. 1–41, 2017.
- [4] X. L. V Bolet, “U b r e – 2020,” *BOLETÍN Clim.*, vol. 553, 2020.
- [5] F. Rivadeneira *et al.*, “Breves_Fundamentos_Terremotos_Ecuador.pdf.” p. 101, 2007.
- [6] “Regulación No. CONELEC 005/14 Página 1 de 26,” pp. 1–26, 2006.
- [7] Ecuador, “Ley Organica del servicio publico de energia Electrica, Registro Oficial No.418,” pp. 1–28, 2015.
- [8] J. T. Montecelos, “Desarrollo de redes eléctricas y centros de transformación.” p. 368, 2013, [Online]. Available: https://books.google.com.ec/books?id=TfdEr2pd-SUC&pg=PA316&dq=Verificación+de+la+operación+correcta+de+los+enclavamientos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj7wZKol5bmAhVKrVvKkHU_ZCnEQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Verificación de la operación correcta de los enclavamientos&.
- [9] J. Schlabach and K. H. Rofalski, *Power System Engineering: Planning, Design, and Operation of Power Systems and Equipment*, vol. 9783527412. 2014.
- [10] Cooper power Systems, “Electrical Distribution- System Protection,” 2005.
- [11] M. K. Lucas González, “Universidad católica de santiago de guayaquil,” pp. 1–125, 2021.
- [12] M. E. S.A., “NOVADUCTO TDP PLASTIGAMA Canalizaciones eléctricas, telefónicas y de comunicaciones,” *Canalizaciones eléctricas, telefónicas y Comun.*, vol. 0, no. 0, pp. 2–4, 2019.
- [13] M. D. E. Y. E. RENOVABLE, “Sección 1 Sección 1 Manual De Construcción Del,” *Meer*, p. 61, 2019.
- [14] Miguel Angel Rodríguez Pozueta, “Máquinas Eléctricas I - - - G862,” vol. I, 2015.
- [15] C. Iglesias and J. Martinez, “El libro blanco de la hidratación,EL LIBRO BLANCO DE LA INSTALACIÓN EDICIÓN,” pp. 33–92, 2018.
- [16] EATON, “Conectores de Operación con Carga,” no. November, pp. 1–4, 2010, [Online]. Available: http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/powersystems/resources/library/500_LoadbreakConnectors/S5001101EA.pdf.
- [17] C. Power, “200 A 25 kV class vented loadbreak bushing insert,” no. November 2015, 2019.

- [18] Raychem, “Barrajes de goma GELPORT,” pp. 4–7, 2021.
- [19] A. López and F. Vera, “Identificación y análisis del impacto social del proyecto de electrificación rural del recinto El Guayabo del cantón Colimes.,” p. 132, 2019.
- [20] H. Martínez, “Alumbrado público exterior - Guía didáctica para el buen uso de la energía,” *Alumbrado Público Exter.*, p. 28, 2007.
- [21] P. A. Villa-Villa, F. M. Mayaguari-Zhunio, and G. S. Pulla-Galindo, “Cálculo de la densidad de potencia eléctrica para el alumbrado público de las vías de la ciudad de Cuenca,” *Kill. Técnica*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2019, doi: 10.26871/killkana_tecnica.v3i1.370.
- [22] Eaton, “Análisis del sistema de distribución Modelado , análisis y planificación confiables para mejorar el desempeño del sistema de distribución Simulaciones,” *CYME Int. T&D*, p. 4, 2018, [Online]. Available: <http://www.cyme.com/es/software/cymdist/>.
- [23] Dialux, “DIALux evo manual A collection of all wiki articles,” p. 100, 2016, [Online]. Available: www.dial.de.
- [24] O. Aguilar, “Diseño Asistido por Computadora, AutoCad,” p. 154, 2020.
- [25] U. de LASALLE, “Ciencia Unisalle ETAP,” p. 28, 2015.
- [26] Y. C. D. E. E. Arconel, “Resolución Nro. ARCONEL-043/18,” pp. 1–49, 2018.
- [27] L. Taracena, “Diseño de Circuitos de Iluminación Domiciliar y Circuitos de Tomacorriente para Viviendas Unifamiliares de Dos Niveles con Ejemplos Prácticos,” pp. 1–75, 2017, [Online]. Available: <http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/6ARTÍCULO-III-INDESA-SIE.pdf>.
- [28] PROCOBRE, “Mallas de tierra,” p. 28, 2018.
- [29] V. G. Basante Gualpa, “Análisis de modelos de sistemas de puesta a tierra para diferentes electrodos y condiciones de suelos,” 2019.
- [30] S&C Electric Company, “Especificaciones,” 2007.
- [31] E. A. T. Monoconductor, A. L. Agua, L. A. Intemperie, and A. I. A. La, “Xat® monoconductor eat® monoconductor,” pp. 83–88, 2000.
- [32] A. J. Llumigusín Sarzosa, “Resultados de la aplicación de los transformadores pad mounted en el sistema de distribución de la empresa eléctrica quito S.A.,” pp. 1–9, 2016, [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17169/1/2016AJIEE-7.pdf>.
- [33] E. Técnicas, Y. A. D. E. La, and S. Santa, “CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR CELEC EP LICITACIÓN No LI-TRANS-002-2013 OBRAS CIVILES Y MONTAJE ELECTROMECAÁNICO DE LA SUBESTACIÓN CHONGÓN Y AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN SANTA ELENA,” no. Li, 2013, [Online]. Available: https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/Concursos/Licitacion/LI-TRANS-002-2013/Anexo5.doc.
- [34] Empresa Electrica de Guayaquil, “Natsim 2012,” p. 120, 2012.

- [35] C. Iglesias and J. Martinez, “El libro blanco de la instalación | Manual técnico y práctico de cables y accesorios para Media Tensión,” pp. 33–92, 2006.
- [36] ENSA, “capitulo-7_postes_ver_3.2.pdf,” 2012.
- [37] C. S.A., “CENTELSA CONCENTRICO.pdf.” .
- [38] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, “Resolución Nro. ARCERNNR-029/2020,” pp. 1–33, 2020, [Online]. Available: https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/Resolucion_ARCERNNR_029_20.pdf.

ANEXOS

ANEXO 1. Equipo de interrupción subterráneo con carcaza



ANEXO 2. Equipo de interrupción subterráneo sin carcaza



ANEXO 3. Transformador padmounted monofásico abierto



ANEXO 4. Transformador monofásico padmounted cerrado



ANEXO 5. Cable 15 KV Cu. XLPE (corte transversal)



ANEXO 6. Conector codo 200A



ANEXO 7. Tabla ampacidad de cables de media tensión

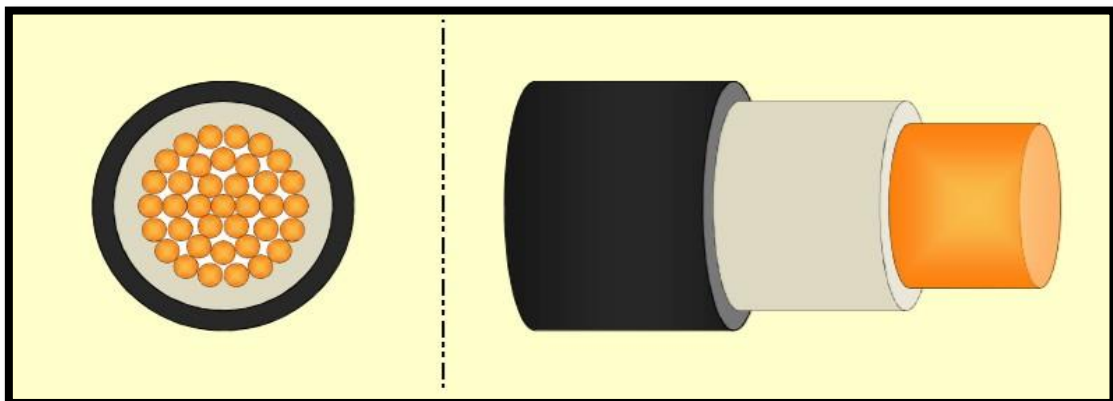
Tabla 310-60(c)(75). del NEC

Ampacidad de cables de tres conductores de cobre aislados y en un tubo conduit físicamente aislado en el aire, con base en temperaturas del conductor de 90 °C y 105 °C y temperatura ambiente del aire de 40 °C*



Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310-104(c)]			
mm ²	AWG o kcmil	Ampacidad para 2001-5000 volts		Ampacidad para 5001-35000 volts	
		Temperatura de los conductores de media tensión en °C			
		90	105	90	105
8.37	8	52	58	-	-
13.3	6	69	77	83	92
21.2	4	91	100	105	120
33.6	2	125	135	145	165
42.4	1	140	155	165	185
53.5	1/0	165	185	195	215
67.4	2/0	190	210	220	245
85	3/0	220	245	250	280
107	4/0	255	285	290	320
127	250	280	315	315	350
177	350	350	390	385	430
253	500	425	475	470	525
380	750	525	585	570	635
507	1000	590	660	650	725

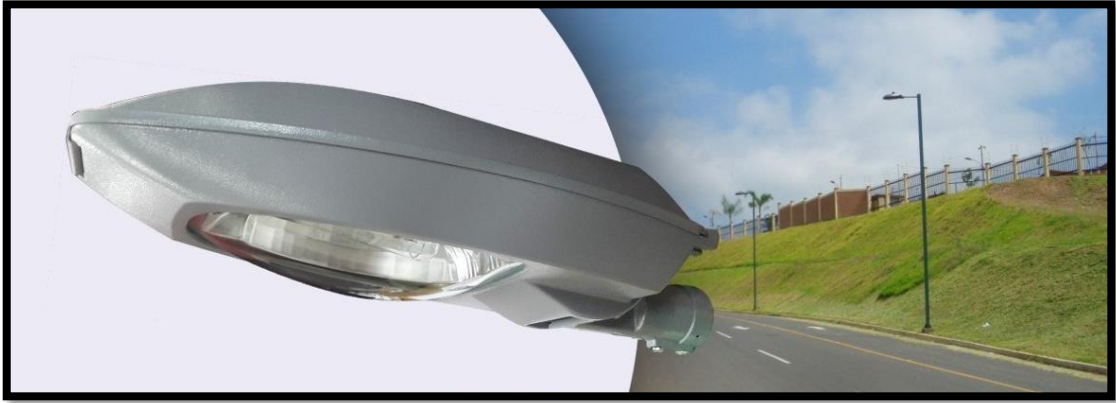
ANEXO 8. Cable TTU Cu. (corte transversal)



ANEXO 9. Conector inserto 200A



ANEXO 10. Luminaria sodio 150W/240V




ANEXO 11. Poste de hormigón circular



ANEXO 12. CHECK LIST halado de cable

	FOR-PRO-E01.04		Fecha:	
	LISTA DE CHEQUEO PARA HALADO DE CABLE			Reporte
Cliente: _____ ubicación: _____		Proyecto: _____ Doc.de referencia: _____		
Cable Tag./ Id. Cable: _____ Tamaño (AWG/KCMIL): _____ desde: _____ hasta: _____ Ruta: _____				
ITEM	DESCRIPCION	ACEPTABLE		
		N/A	SI	NO
1	Se ha limpiado la canalización subterránea.			
2	La bandeja está libre de bordes afilados			
3	"Megar" los cables antes del halado.			
4	Chequee aislamiento y continuidad del cable de instrumentación antes del halado.			
5	Verifique el rango de voltaje del cable y temperatura mínima			
6	Chequee la bobina asignada y realice el corte			
7	Las puntas de cables están selladas luego del corte.			
8	Los radios de curvatura de los cables deben estar de acuerdo con las especificaciones.			
9	Cable está libre de pliegues, limpio y dirigido de acuerdo a planos.			
10	El espacio entre los cables de instrumentos y de fuerza está de acuerdo a diseño.			
11	Los cables están identificados por especificaciones y planos.			
12	"Megar" los cables de fuerza y control después de la instalación.			
13	Chequear la continuidad de los cables de instrumentos luego de la instalación.			
14	Realice la prueba de HI-POT a cables de medio y alto voltaje			
15	Todos los cambios en construcción son registrados para planos conforma a obra			
Nombre				
Cargo:				
Firma:				
Fecha:				
Involucrado	Instalador	Fiscalizador	Promotor	

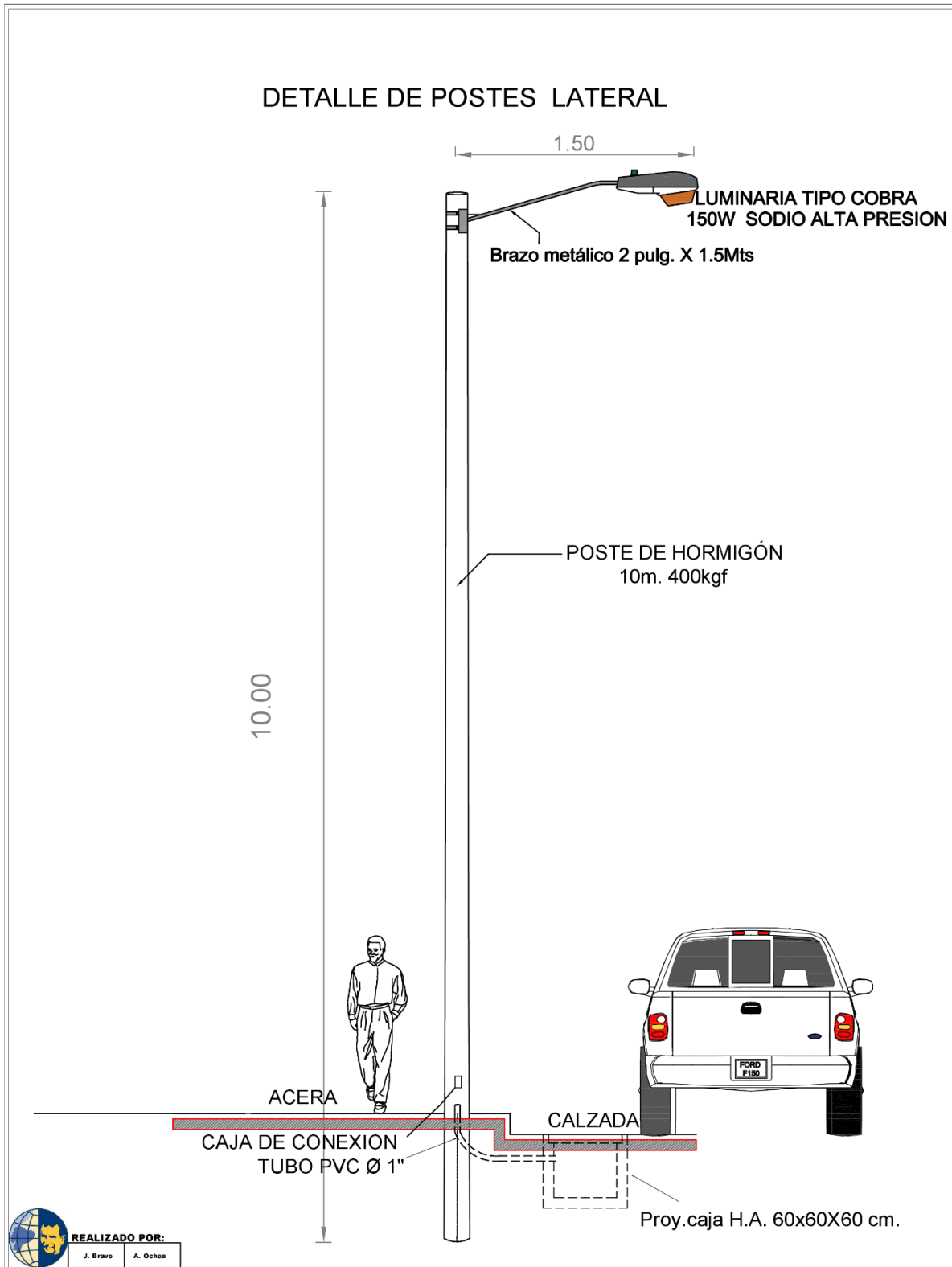
ANEXO 13. CHECK LIST instalación de transformadores

	FOR-PRO-E03.011	Fecha: / /
	LISTA DE CHEQUEO PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIA	REPORTE 1
Cliente : _____ Proyecto : _____		
Datos del equipo : <u>TRANSFORMADOR PAD 1F</u> <u>2B</u>		
Tag del equipo : _____ Fabricante : _____		
<p>A. Ubicación del transformador : _____</p> <p>B. Planos de referencia : _____</p> <p>C. Datos de placa del transformador :</p> <p>Número de Serie _____ Capacidad Nominal <u>KVA</u>: _____</p> <p>Número de taps y rango: _____</p> <p>Relación del transformador: _____</p> <p>Conexión en alto voltaje: _____</p> <p>Conexión en bajo voltaje: _____</p> <p>Impedancia: _____</p> <p>voltaje primario. _____ voltaje secundario _____</p> <p>Frecuencia. _____ Número de fases. _____</p> <p>Medio aislante: _____ Peso: _____</p> <p>D. Lectura de resistencia de aislamiento de bobina primaria y secundaria.</p> <p>Identificación del Meger : _____ Voltage de prueba : _____</p> <p>1. A, B, C - Primario a tierra _____ Megaohms</p> <p>2. a,b,c - Secundario a tierra _____ Megaohms</p> <p>3. A,B,C - a,b,c. Primario a secundario _____ Megaohms</p> <p>4. Y - Y a tierra. _____ Megaohms</p> <p>E. Lectura de resistencias del lado primario conectado en delta.</p> <p>1. Fase A a Fase B _____ Ohms</p> <p>2. Fase A a Fase C _____ Ohms</p> <p>3. Fase B a Fase C _____ Ohms</p> <p>F. Prueba de rigidez dieléctrica del aceite : _____</p> <p>G. Bushings Acceptable / Acceptable</p> <p>1. <input type="checkbox"/> Conecciones mecánicas apretadas y buena area de contacto en el lado primario</p> <p>2. <input type="checkbox"/> Conecciones mecánicas apretadas y buena area de contacto en el lado secundario.</p> <p>3. <input type="checkbox"/> Conexión del alimentador al bushing primario del transformador</p> <p>4. <input type="checkbox"/> Conexión del alimentador al bushing secundario del transformador</p> <p>5. <input type="checkbox"/> Los bushings primario y secundario están libres de grietas y astillas, si aplica.</p> <p>6. <input type="checkbox"/> Confirma que cambiador de taps se encuentra en posición adecuada en el primario, si aplica.</p> <p>7. <input type="checkbox"/> Confirma que el transformador tiene presión positiva mayor a 1,5 psi., si aplica.</p> <p>8. <input type="checkbox"/> El nivel del aceite dieléctrico es adecuado, si aplica</p>		
Condiciones y observaciones _____ _____		
	Registrado por:	Revisado por:
Nombre:		
Cargo:		
Firma:		
Fecha:		

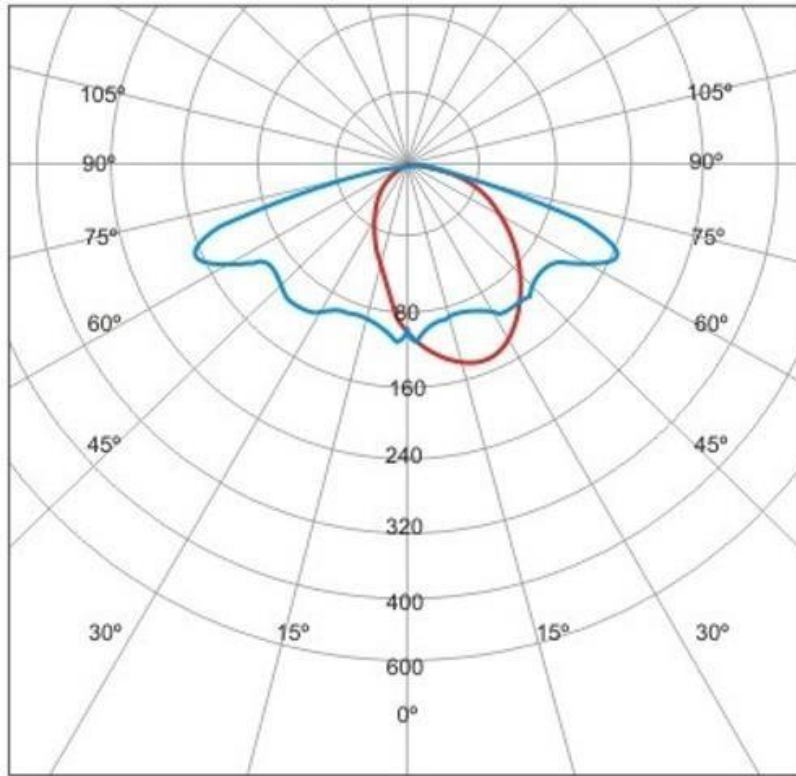
ANEXO 14. Plano arquitectónico de la urbanización Boschetto con implantación red de baja tensión.



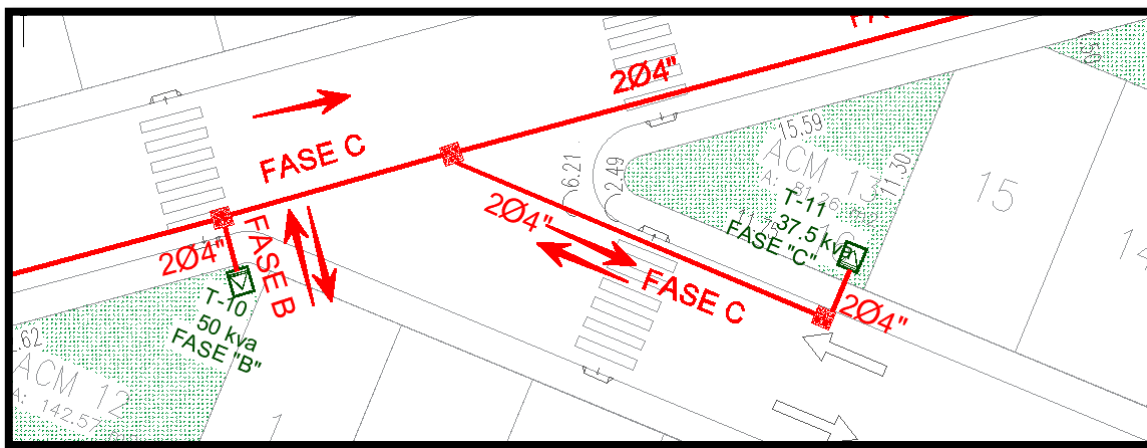
ANEXO 16. Corte bilateral de poste de alumbrado público a instalar



ANEXO 17. Curva fotométrica de lampara sodio 150W/240V

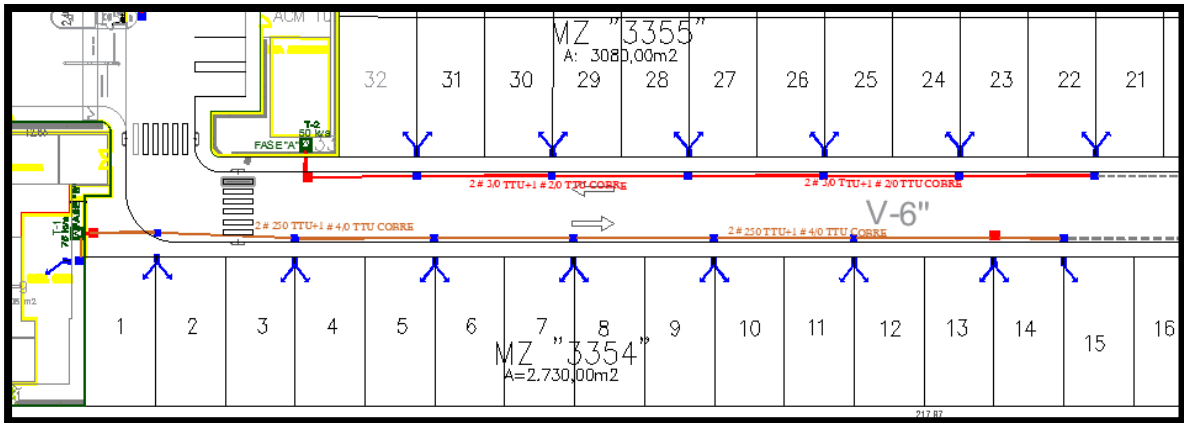


ANEXO 18. Alimentación en media tensión T10 y T11



SIMBOLOGÍA	
	Equipo switch pad vista modelo 312
	Transformador 37.5 KVA padmounted tipo lazo (monofasico)
	Transformador 50 KVA padmounted tipo lazo (monofasico)
	Transformador 75 KVA padmounted tipo lazo (monofasico)
	Caja de paso 90x90x90cm interior para media tensión
	Ducto Subterráneo en medio voltaje CO0-0V2 + CO0-G4 (1#2 Cu. 15Kv + 1#4 Desnudo) 2Ø4\"/>

ANEXO 19. Alimentación en baja tensión T1 y T2



SIMBOLOGÍA	
	Transformador 37.5 KVA padmounted tipo lazo (monofasico)
	Transformador 50 KVA padmounted tipo lazo (monofasico)
	Transformador 75 KVA padmounted tipo lazo (monofasico)
	Caja de paso de media tensión 90x90x90
	Caja de paso de baja tensión 60x60x60
	Canalización pvc 204 TDP" - 2 # 250 TTU+1 # 4/0 TTU COBRE (75 Kva)
	Canalización pvc 204 TDP" - 2 # 4/0 TTU+1 # 3/0 TTU COBRE (75 Kva)
	Canalización pvc 204 TDP" - 2 # 3/0 TTU+1 # 2/0 TTU COBRE (50 Kva)
	Canalización pvc 204 TDP" - 2 # 1/0 TTU+1 # 2 TTU COBRE (37.5 Kva)
	Canalización de reserva 104 TDP"