



# **Diseño eléctrico red de Media tensión, Baja tensión y uso final del conjunto residencial Nova Terra Popayán - Cauca**

**Edward Andrés Narváez Jiménez**

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Cali, Colombia  
2023

# **Diseño eléctrico red de Media tensión, Baja tensión y uso final del conjunto residencial Nova Terra Popayán - Cauca**

**Edward Andrés Narváez Jiménez**

Proyecto de grado para obtener el título de:  
**Ingeniero Electromecánico**

Director:

PhD. Esnel Alexander Acosta.

Línea de Investigación:

Diseño Mecánico

Grupo de Investigación:

GI-Fourier

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Cali, Valle Colombia

2023

*Dedicado a mis padres, quienes desde siempre me han enseñó que por delante de todo lo realicemos debemos colocar a Dios él es quien guía todas y cada una de nuestra decisiones, para llevarlas por el mejor camino, a la virgen de las Lajas mi gran guía.*

*Mi vida gira entorno a mi familia mi esposa nuestros hijos Andrés, Sofía y el hermoso José Emanuel, mi fuente de energía mi motor ellos son mi guía para cada día hacer las cosas de la mejor manera posible. Agradezco de manera muy especial a mis hermanas y mis suegros por siempre estar con migo de una madera incondicional.*

*Edward Andrés Narváez Jiménez.*

## Resumen

Este proyecto propone desarrollar el Diseño eléctrico de la red de Media tensión, Baja tensión, alumbrado exterior y uso final del conjunto residencial Nova Terra, aplicando la normatividad vigente en Colombia, RITIE, RETILAP, NTC2050, coordinación de protecciones, con el fin de que cumpla los parámetros requeridos por la empresa prestadora del servicio de energía para el departamento del Cauca, ( Compañía Energética de Occidente) para su evaluación, revisión y aprobación contando con los permisos y aplicativos a la norma en este tipo de proyectos e instalaciones.

El proyecto eléctrico a desarrollar pertenece al conjunto residencial Nova Terra ubicado en la zona Noroccidental del municipio de Popayán su construcción será realizada por la empresa constructora Proyecta S.A.S la cual me ha otorgado el permiso para el desarrollo del proyecto eléctrico.

El conjunto residencial Novaterra se construirá en un lote de 17250m<sup>2</sup>, cuenta con vías vehiculares y peatonales, zonas verdes, zonas deportivas, alumbrado exterior, salón social, la construcción de 65 viviendas de m<sup>2</sup> y un lote en el cual se desarrollará posteriormente una futura ampliación en torres de apartamentos, pero a la fecha no se ha definido en su totalidad.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño eléctrico, red media tensión, red baja tensión, uso final.

## **Abstract.**

This project proposes to develop the electrical design of the Medium voltage, Low voltage, outdoor lighting and final use network of the Nova Terra residential complex, applying the regulations in force in Colombia, RITIE, RETILAP, NTC2050, coordination of protections, in order that comply with the parameters required by the company that provides the energy service for the department of Cauca, (Compañía Energética de Occidente) for its evaluation, review and approval, with the permits and applications to the norm in this type of projects and facilities.

The electrical project to be developed belongs to the Nova Terra residential complex located in the Northwestern area of the municipality of Popayan. Its construction will be carried out by the construction company Proyecta S.A.S, which has granted me permission to develop the electrical project.

The Novaterra residential complex will be built on a 17250m<sup>2</sup> lot, it has vehicular and pedestrian roads, green areas, sports areas, outdoor lighting, a social room, the construction of 65 m<sup>2</sup> homes and a lot in which a future expansion will be developed later. in apartment towers, but to date it has not been fully defined.

**KEY WORDS:** Electrical design, medium voltage network, low voltage network, end use.

## Contenido

<b>1. Introducción .....</b>	<b>12</b>
1.1 Formulación del problema.....	11
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivo general .....	12
1.2.2 Objetivos específicos.....	12
1.3 Justificación .....	13
1.4 Diseño metodológico .....	13
1.5 Estructura del Proyecto de Grado .....	14
<b>2. Fundamentación teórica .....</b>	<b>16</b>
2.1 Alcance del proyecto.....	16
2.2 Localización del proyecto .....	16
2.3 Parámetros de diseño .....	17
2.4 Descripción de las instalaciones eléctricas .....	19
<b>3. Detalles del diseño .....</b>	<b>19</b>
3.1.1 Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos. ....	19
3.1.2 Análisis de coordinación de aislamiento .....	20
3.1.3 Análisis de cortocircuito y falla a tierra.....	23
3.1.4 Análisis de nivel de riesgos por rayos y medida de protección contra rayos.....	26
3.1.5 Análisis de riesgo eléctrico y medidas para mitigarlo.....	30
3.1.6 Análisis de tensión requerido.....	42
<b>4. Cálculos del diseño.....</b>	<b>43</b>
4.1 Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas no se superen los límites de exposición definidos .....	43
4.2 Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y el factor de potencia en la carga. ....	44
4.3 Calculo de sistema puesta a tierra.....	45
4.4 Calculo económico de conductores.....	49
4.5 Calculo mecánico de las estructuras y de elementos de sujeción y equipos.....	51
4.6 Calculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes.....	52
4.7 Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electro ductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).	
4.8 Cálculos de regulación y pérdidas de energía, teniendo en cuenta el factor de potencia.	
<b>5. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente .....</b>	<b>61</b>
5.1 Clasificación de áreas.....	62
5.2 Elaboración de diagramas Unifilares.....	62
5.3 Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.....	63
5.4 Establecer distancias de seguridad requeridas.....	64
5.5 Alumbrado exterior.....	67
<b>6. Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>71</b>
<b>7. Bibliografía .....</b>	<b>72</b>

## Lista de figuras

- Figura 1** – Plano vista parte superior de la ciudad de Popayán.
- Figura 2** – Plano vista satelital ubicación del proyecto en la ciudad de Popayán.
- Figura 3** – Nodo de conexión adjudicado del proyecto
- Figura 4** – Imagen del proyecto en la actualidad
- Figura 5** – Imagen descriptiva municipio de Popayán
- Figura 6** – Imagen resultado programas análisis corto circuito
- Figura 7** – Imagen nivel riegos por rayos parámetros nacionales.
- Figura 8** – Caja normatizada sistema puesta a tierra
- Figura 9** – Software resultados sistema de puesta a tierra.
- Figura 10** – Software resultados cálculo económico de conductores
- Figura 11** – Resultado cálculo coordinación protección contra sobre corrientes
- Figura 12** – Resultado 2 cálculo coordinación protección contra sobre corrientes
- Figura 13** – Resultado cálculo capacidad de ductos para calibre # 2 THW
- Figura 14** – Resultado cálculo capacidad de ductos para calibre # 1/0 THW
- Figura 15** – Resultado cálculo capacidad de ductos para calibre # 4/0 THW
- Figura 16** – Resultado cálculo constantes de regulación en Baja tensión
- Figura 17** – Cables seleccionados regulación baja tensión.
- Figura 18** – Resultado cálculos constante de regulación en Media tensión.
- Figura 19** – Cables seleccionados regulación en Media tensión.
- Figura 20** – Detalle montaje transformador en una estructura H.
- Figura 21** – Detalle armado red de baja tensión cajas subterráneas.
- Figura 22** – Detalle diagrama unifilar del proyecto
- Figura 23** - Detalle plano diseño eléctrico del proyecto
- Figura 24** - Distancias de seguridad en zonas de construcciones
- Figura 25** - Límites de aproximación a partes energizadas de equipos
- Figura 26** - Iluminación según tabla retilap 510.2.2
- Figura 27** - Detalle de luminarias a utilizar
- Figura 28** - Detalle de postes para luminarias a utilizar.
- Figura 29** - Pruebas de funcionamiento del sistema 67

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> – Partes valor parámetros en metros sobre el nivel del mar .....	17
<b>Tabla 2</b> – Descripción de zonas climáticas departamento del Cauca .....	18
<b>Tabla 3</b> – Descripción especificaciones de zonas climáticas departamento del Cauca....	18
<b>Tabla 4</b> – Descripción Instalaciones eléctricas del proyecto .....	19
<b>Tabla 5</b> – Descripción cargas eléctricas a instalar en el proyecto.....	20
<b>Tabla 6</b> – Tensiones Nominales .....	20
<b>Tabla 7</b> – Tipos de aisladores y sus características. ....	21
<b>Tabla 8</b> – Distancias mínimas de fujas según la contaminación. ....	22
<b>Tabla 8.1</b> – Índice de riesgo por rayos .....	27
<b>Tabla 8.2</b> – Valores de índice relacionado con el uso de la estructura .....	28
<b>Tabla 8.3</b> – Valores de índice tipo de estructura .....	28
<b>Tabla 8.4</b> – Valores de índice relación altura y área .....	28
<b>Tabla 8.4.1</b> –Valores índices acumulados .....	29
<b>Tabla 8.5</b> –Matriz factor de riesgo .....	29
<b>Tabla 8.4.1</b> –Valores índices acumulados .....	29
<b>Tabla 8.5</b> –Nivel de riesgo conclusión .....	30
<b>Tabla 8.5</b> –Nivel de riesgo conclusión .....	30
<b>Tabla 9</b> – Tensión de servicio de acuerdo al tipo de usuario .....	43
<b>Tabla 10</b> – Demanda máxima diversificada por cantidad de usuarios y estratificación ...	44
<b>Tabla 11</b> – Parámetros para la escogencia de transformador .....	45
<b>Tabla 12</b> – Parámetros para utilización de retenidas Mt 13.2 .....	51
<b>Tabla 13</b> – Constantes de regulación para baja tensión subterránea .....	57
<b>Tabla 14</b> – Constantes de regulación para Media tensión Aero 13.2 .....	59
<b>Tabla 15</b> – Valores para conductores en línea. ....	61
<b>Tabla 16</b> – Valores distancias de seguridad mínimas en zonas de construcciones. ....	65
<b>Tabla 17</b> – Distancias mínimas para prevención de riesgo por arcos eléctricos. ....	66



# 1. Introducción

Conjunto Residencial Novaterra es un proyecto de vivienda localizado en la zona noroccidente de la ciudad de Popayán el departamento del Cauca El diseño eléctrico a realizar abordan la construcción de las redes eléctricas de media tensión aéreas y baja tensión subterráneas tiene como principio fundamental para la vida útil del proyecto eléctrico del conjunto residencial.

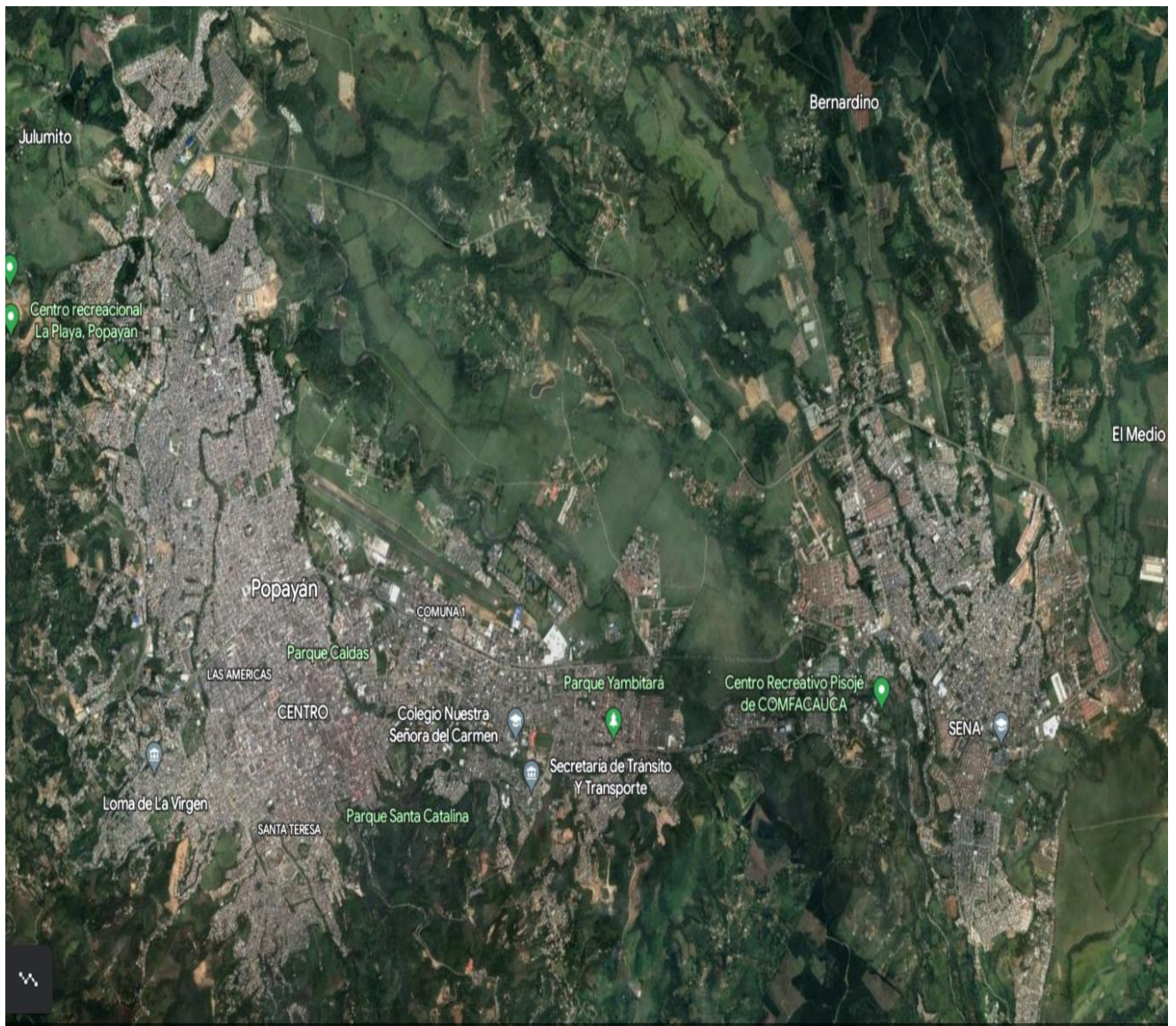
El conjunto residencial Novaterra se construirá en un lote de 17250m<sup>2</sup>, en el cual se dará inicio al proyecto con la construcción de 65 viviendas con un área de 85m<sup>2</sup> y un lote que a futuro tiene proyectado la construcción de torres de apartamentos como se indica en el plano urbanístico y de diseño eléctrico ya realizado.

En este momento el proyecto cuenta con la construcción de 15 casas iniciales para su primera fase y la realización de un 15% de las redes eléctricas presentadas en el diseño ante el ente prestador del servicio para el departamento del Cauca.

La decisión de utilizar las redes eléctricas en baja tensión subterránea disminuye el impacto visual a comparación de las redes eléctricas expuestas mejorando la estética del conjunto. Este tipo de instalaciones no solo se realizarán con la parte eléctrica, también se implementará en las redes de telecomunicaciones.

La adecuada selección de los materiales permitirá la su prolongación en el tiempo su duración y vida útil con lo que se busca obtener óptimo funcionamiento en la instalación y adecuación de las redes eléctricas.

Teniendo en cuenta que los proyectos desarrollados en la ciudad de Popayán referente a la construcción e implementación de las redes eléctricas de baja tensión subterránea han sido muy pocos debido a que los costos de su realización son más elevados a diferencia de las redes eléctricas aéreas tradicionales, las empresas constructoras buscan desarrollar este tipo de proyectos de construcción en la parte eléctrica solo en los estratos 4, 5 o 6 ya que con este tipo de adecuaciones o instalaciones eléctricas proporcionan un mejoramiento estético, arquitectónico y de orden más notorio al conjunto residencial.



**figura 1** – Plano vista satelital ciudad de Popayán.

Fuente: Memoria de cálculos proyecta Constructora Popayán departamento del Cauca Colombia 2023.



**Figura 2** – Plano vista satelital ubicación del proyecto en la ciudad de Popayán.  
Fuente: Memoria de cálculos proyecta Constructora Popayán departamento del Cauca Colombia 2023.

El proyecto a desarrollar cuenta con todos y cada uno de los permisos otorgados por parte de la constructora Proyecta la cual tiene una trayectoria de más de una década en la ciudad de Popayán realizando conjuntos residenciales y cumpliendo los sueños de más de 200 familias.

## 1.1 Formulación del problema

Este proyecto de tesis dará la solución a la necesidad que tiene la Empresa Elite Fernández está encargada de la realización de los diseños eléctricos en Media tensión, Baja tensión, alumbrado exterior y uso final, del proyecto de construcción del Conjunto Residencial Novaterra el cual se encuentra ubicado al noroccidente de ciudad de Popayán en el departamento del cauca consta de la

construcción de 65 viviendas en estratificación 3 siendo esta un área de gran proyección y crecimiento en la ciudad de Popayán.

Se requiere elaborar los diseños eléctricos en Media tensión, Baja tensión, alumbrado exterior y uso final cumplimiento de la norma NTC 2050. RETIE, RETILAP, que es la normatividad vigente en Colombia para estos Diseños. Además, se debe cumplir con las normas técnicas exigidas por el prestador del servicio para el departamento del Cauca en este caso específico La Compañía Energética de Occidente.

Estos diseños se requieren para poder solicitar la aprobación de construcción del sistema eléctrico del Conjunto Residencial Novaterra.

Según los antecedentes tenidos en cuenta para la realización del proyecto se ha logrado detectar que este tipo de diseños eléctricos son realizados única y exclusivamente ara estratos del 4 en adelante debido al costo de más elevado que se presenta en este tipo de instalaciones.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general del proyecto**

Realizar el diseño eléctrico de red de media tensión., baja tensión, alumbrado exterior y uso final del conjunto residencial Nova Terra en la ciudad de Popayán departamento del Cauca y contar con la aprobación del ente restador del servicio para el departamento del Cauca.

### **1.2.2 Objetivos específicos.**

Para dar más comprensión del objetivo principal planteado en esta investigación se realizar la complementación con 5 objetivos específicos para su mejor entendimiento.

- Realizar la estimación de carga eléctrica de cada una de las viviendas pertenecientes al conjunto residencial Novaterra.
- Realizar los diseños eléctricos contando con los planos urbanísticos entregados por la constructora Proyecta haciendo el trazado de las redes eléctricas externas del conjunto residencial Novaterra.
- Realizar la memoria de cálculos electromecánicos necesarios para las redes externas en Baja, Media tensión y transformación dando cumpliendo con todos los requerimientos técnicos exigidos por la norma en este tipo de diseños.
- Calcular el presupuesto para la realización de las redes eléctricas pertenecientes al conjunto residencial Novaterra.

## 1.3 Justificación

Este es un proyecto de diseño real el cual es ejecutara para una constructora con muchos años de trayectoria en la ciudad de Popayán, el cual los ingenieros eléctricos deben tener todos los conocimientos requeridos, para enfrentar este reto y dar cumplimiento del mismo teniendo unas bases muy sólidas en el manejo de las normas NTC 5020, RETIE, y RETILAP, las cuales deben ser cumplidas a cabalidad.

Al enfrentar este reto el futuro ingeniero queda con muy buenas bases fundamentadas para trabajar diseños en Media tensión, Baja tensión, alumbrado exterior y uso final, debido a que el diseño será presentado ante el ente prestador del servicio eléctrico para el departamento del Cauca en este caso puntual la ciudad de Popayán a la CEO para su supervisión, revisión y aprobación bajo cumplimiento de los requerimientos técnicos de este tipo de proyectos.

La realización del diseño eléctrico y posterior construcción de las redes en Media tensión y baja tensión para el proyecto conjunto residencial Novaterra tiene como finalidad proporcionar el servicio de energía a la comunidad del noroccidente de la ciudad de Popayán.

El servicio de energía es un factor primordial para desarrollo del proyecto con esto no solo beneficia a los usuarios de este, sino que también proporciona un mejoramiento para toda la comunidad ya que con este proyecto se pretende que la empresa prestadora del servicio para el departamento realice una ampliación en las redes eléctricas de Media tensión, con las cuales posteriormente se dará un a repotencailizacion a las redes existentes.

## 1.4 Diseño metodológico

La metodología a trabajar se basa en el análisis, diseño, construcción y etapas de realización.

Usando el como referencia el método analítico nos puede permitir que se tomen cada uno de los factores aplicados en las normas establecidas como NTC 5020, RETIE y RETILAP, implementando su manejo bajo el cumplimiento de cada una de ellas.

La metodología de diseño y construcción permitirá la utilización de la creatividad

teniendo como fin la búsqueda de diferentes formas de solucionar los inconvenientes e interrogantes que se presenten en la realización presentación y aprobación del diseño a desarrollar para esto se utilizarán etapas que permitirán manejar un orden lógico del trabajo a realizar entre las cuales tenemos:

- Ubicación del proyecto
- Consulta sobre requerimientos técnicos para el desarrollo del diseño
- Recopilación de documentación y permisos que se requieren.
- Planteamiento gráfico del diseño.
- Realización de cálculos exigidos en el diseño.
- Estudio económico del proyecto.

## **1.5 Estructura del Proyecto de Grado**

El proyecto de grado presente basa su desarrollo en cinco capítulos, el cual da inicio en la introducción, posteriormente se da una explicación específica de los objetivos planteados desde el inicio de la investigación, el planteamiento del problema a desarrollar, la justificación del mismo y el diseño metodológico que indica las pautas a seguir para el óptimo desarrollo del proyecto.

Se realiza la descripción sobre el contexto de la constructora Proyecta que es la gestora de la construcción del proyecto, esta empresa lleva 10 años trabajando en la ciudad de Popayán, cuenta con la realización de varios proyectos de urbanismo entre ellos podemos nombrar los conjuntos residenciales Habitanya, Mediterraneo, Legrand y al que se hace referencia en este momento y del cual se hace el desarrollo del presente proyecto que es el conjunto residencial Novaterra.

Teniendo un acuerdo formal por parte de la constructora se ha otorgado el permiso para que el diseño eléctrico del conjunto residencial Novaterra se tome como presentación de la tesis para este proyecto de grado.



Figura 3 – Nodo de conexión de energía para el proyecto.  
Fuente: Memoria de cálculos proyecta Constructora Popayán departamento del Cauca Colombia 2023.



**Figura 4** – Imagen del proyecto en la actualidad.

Fuente: Memoria de cálculos proyecta Constructora Popayán departamento del Cauca Colombia 2023.

## 2 Fundamentación teórica

La fundamentación teórica a utilizar en el proyecto se basa en la descripción de la realización de dos parámetros fundamentales para la realización del mismo (I) diseño eléctrico por medio de planos (II) memoria de cálculos donde se hace la entrega de los aplicativos a la norma de todos dando cumplimiento a punto puntos planteado en el proyecto a desarrollar. La primera parte se tiene como prioridad la realización de cada diseño por medio del programa AutoCAD lo cual no proporcionara los datos que se requieren para la realización de la memoria de cálculos del proyecto, partiendo de los datos suministrados por la constructora en lo referente a urbanismo y diseños arquitectónicos de las viviendas.

En la segunda parte se hace la descripción específica de cada uno de los parámetros a evaluar y presentar en el proyecto teniendo como punto prioritario el cumplimiento en la normatividad exigida en este tipo de diseños eléctricos.

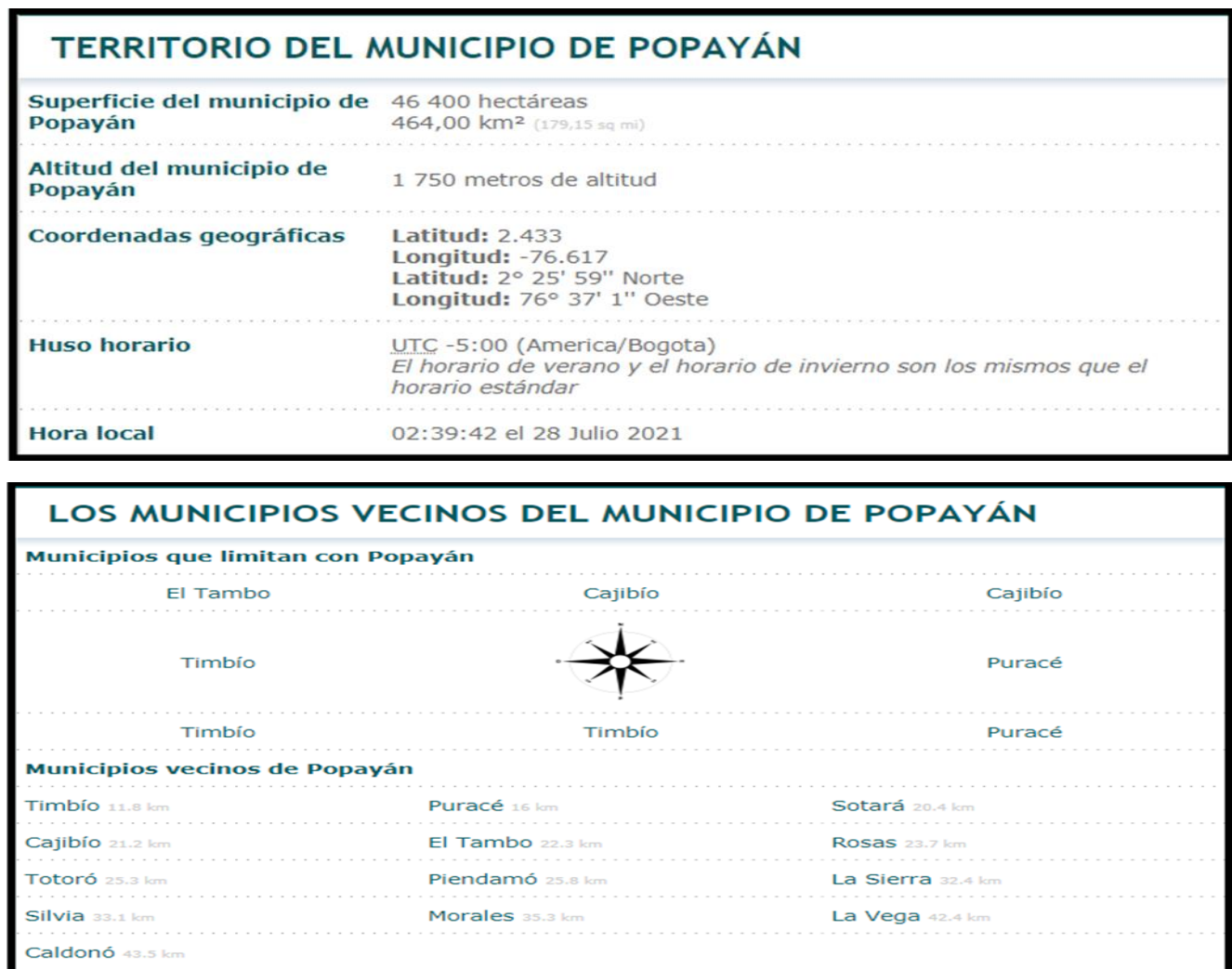
### 2.1 ALCANCE.

Este proyecto tiene por alcance realizar el diseño de las redes externas referente a la parte eléctrica necesarias para el óptimo funcionamiento del proyecto Conjunto residencial Novaterra ubicado en el Municipio de Popayán Departamento del Cauca el cual beneficiara a toda la comunidad.

### 2.2 LOCALIZACION.

La ubicacion en donde está el proyecto es la zona Noroccidente del Municipio de Popayán el cual está situado en el centro del Departamento del Cauca, la capital caucana tiene una extensión territorial de 46.400 Hectáreas, a una altura de 1750 metros SNM, sus coordenadas son: 2° 25 59" latitud norte 76° 37 1" longitud oeste del meridiano de Greenwich.





**Figura 5** – Imagen descriptiva municipio de Popayán  
Fuente: Memoria de Alcaldía del municipio de Popayán.

### 2.3 PARAMETROS DEL DISEÑO.

El proyecto conjunto residencial Novaterra en el municipio de Popayán departamento del Cauca se encuentra ubicada en la zona central del departamento del Cauca su altura de sobre el nivel del mar es de 1750 como este proyecto estando ubicado en la zona centro del departamento cuenta con esta misma altura metros sobre el nivel del mar teniendo como rango de terreno tipo B como indican las siguientes tablas:

RANGO	Valor ( m.s.n.m)
A	≤ 1000
B	1000 A 2000
C	≥ 2000

**Tabla 1** – Partes valor parámetros en metros sobre el nivel del mar  
Fuente: Memoria de cálculos Compañía Energética de Occidente.

De acuerdo a la ubicación del municipio de Popayán, el proyecto se encuentra situado en la Zona II.

ZONA I		ZONA II
Buenos Aires	Argelia	Popayán
Caloto	Almaguer	Purace ( Coconuco)
Corinto	Balboa	Rosas
Florencia	Bolívar	San Sebastián
Mercaderes	Cajibío	Soltara ( Paispamba)
Miranda	Caldono	Silvia
Patía ( El Bordo )	El Tambo	Timbio
Piamonte	Inza	Toribio
Puerto Tejada	<b>Jámbalo</b>	Totoro
Suarez	La Vega	Morales
Sucre	La Sierra	Piendamó
Villa Rica		
Santander de Quilichao		

**Tabla 2** – Descripción de zonas climáticas departamento del Cauca  
Fuente: Memoria de cálculos Compañía Energética de Occidente.

Los parámetros tenidos en cuenta para el diseño de acuerdo a la zona son:

TABLA 1. Zonas climáticas		
VARIABLE	ZONA I	ZONA II
Velocidad de los vientos máxima sostenida de diez minutas <sup>1</sup>	20,25 m/s	24,30 m/s
Temperatura mínima	5 °C	0 °C
Temperatura coincidente	10 °C	10 °C
Temperatura promedio	20 °C	15 °C
Temperatura máxima (ambiente) <sup>2</sup>	30 °C	25 °C

**Tabla 3** – Descripción especificaciones de zonas climáticas departamento del Cauca  
Fuente: Memoria de cálculos Compañía Energética de Occidente.

## 2.4 DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.

Las instalaciones eléctricas objeto del presente diseño, quedan definidas en la siguiente Tabla:

CONJUNTO RESIDENCIAL NOVATERRA	
Tensión Nominal de diseño (V)	13200/208/127
Capacidad total instalada (KVA)	112,5 KVA
Factor de potencia	0.9
Ubicación (punto de conexión)	Apoyo TSN 231P - NODO 9099968
Elemento de corte en el punto de conexión	Puentes primarios
Numero de Fases	3
Conductor: material, calibre	1/0
Configuración estándar (armado)	TSH215C- CTT21- PTCT22TA-
Conductor: Tipo/Configuración	ACSR 1/0
Tipo de Aislador de Suspensión	ANSI DS 15
Tipo de Aislador Rígido	ANSI 57-1
Tipo de carga	PRIVADA
No Total de poste de MT	4

**Tabla 4** – Descripción Instalaciones eléctricas del proyecto  
Fuente: Memoria de cálculos Compañía Energética de Occidente

## 3. DETALLE DEL DISEÑO

### 3.1 ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.

Aspectos importantes: Indicar la cantidad de total de cargas con sus respectivos circuitos. Indicar la proyección de cargas futuras. Indicar valor estimado de F.P para cálculos.

RESUMEN DE DATOS BÁSICOS	
CAPACIDAD DEMANDADA ESTIMADA A INSTALAR: 112,5 KVA CONJUNTO RESIDENCIAL NOVATERRA	
RESUMEN DE CARGAS	
DESCRIPCION	CARGA DEMANDADA EN POTENCIA EN (WATT)
DEMANDA DIVERSIFICADA ANEXO L COMPAÑÍA ENERGETICA DE OCCIDENTE	64,4
OTRAS CARGAS	
ALUMBRADO EXERIOR	4
SISTEMAS DE POTENCIA	10
EQUIPOS ESPECIALES	5
<b>TOTAL, DE CARGAS</b>	<b>83,4</b>
CÁLCULO DE TRANSFORMADOR PRINCIPAL	
POTENCIA SOLICITADA SELECCIONADO: 112,5 KVA, TRIFASICO 13200/208-120V.	
UN TRANSFORMADOR 112,5KVA	
RESERVA DEL TRANSFORMADOR: 34%	

**Tabla 5** – Descripción cargas eléctricas a instalar en el proyecto.  
Fuente: Memoria de cálculos Compañía Energética de Occidente

Las cargas futuras que se pueden presentar se ven representadas en cargas por ampliación de locaciones pequeños negocios o secciones nuevas como gimnasio.

No aplica análisis de factor de potencia y ni de armónicos por tratarse de un proyecto de viviendas unifamiliares en las cuales no se presentan este tipo de parámetros. El factor de potencia está definido por el OR (0.9) y las cargas se consideran lineales, por lo que se asume que estas no contribuyen en la generación e inyección de armónicos a la red.

### 3.1.2 ANÁLISIS DE COORDINACION DE AISLAMIENTO.

Para este el análisis de coordinación de alistamiento está basado en el nivel de tensión de baja tensión de la relación de tensión secundaria del Transformador 208/120 debido a que el nivel de tensión al cual se le va a realizar extensión de red es de baja tensión. La coordinación de aislamiento tiene como objeto determinar la distancia de fuga que manejarán los aisladores conectados a las estructuras de M.T. y B.T, que formen parte del proyecto.

De acuerdo con la norma IEC 60671, el nivel básico de aislamiento al impulso tipo rayo BIL para equipos conectados a una tensión de 13.2KV debe ser de 110kv.

En la tabla anexa se muestran los niveles de aislamiento normalizados para redes de Media Tensión:

TENSIÓN NOMINAL DEL SISTEMA KV	NIVEL DE AISLAMIENTO BIL KV
208/120	0.76
13.2	110
34.5	200

**Tabla 6** – Tensiones Nominales.  
Fuente: Memoria de cálculos Compañía Energética de Occidente

Estos niveles de aislamiento y de tensión, deben aplicarse para todos los equipos que formen parte del sistema de distribución, transformación y medida, tales como aisladores, DPS, cortacircuitos, transformadores de medida nivel 2, 3 y transformadores distribución y de potencia.

En este proyecto se utilizará aisladores (de suspensión, line post, tensor), equipos de protección (DPS, Cortacircuitos) y transformadores de distribución, de fabricantes que cumplen con los requisitos de aislamiento exigidos por el RETIE y cuentan con el certificado de conformidad de producto RETIE vigente, y con las normas de materiales del OR – CEO.

Las distancias mutuas entre elementos, conductores y puntos energizados, que garantizan el nivel de aislamiento para evitar arcos eléctricos, están establecidas en la norma técnica de construcción del OR CEO, la cual se le dará estricto cumplimiento.

Aisladores: De todos los elementos de la línea, los aisladores son los que demandan mayor cuidado, tanto en su elección, como en su control de recepción, colocación y vigilancia en explotación. En efecto, frágiles por naturaleza, se ven sometidos a esfuerzos combinados, mecánicos, eléctricos y térmicos, colaborando todos ellos a su destrucción.

#### *Tipo de aisladores*

TIPO DE AISLADOR	CARACTERÍSTICAS
DE PIN	Se emplean como aisladores de soporte y alineamiento en líneas de distribución. Son excelentes para el control de corriente de fuga. Aplicado en tensiones de distribución y subtransmisión, para ambientes normales y contaminados.
DE DISCO	Empleados en líneas eléctricas de transmisión (10") y distribución (6"). Sus características están normalizadas según el peso o fuerza soportable, el nivel de contaminación admisible y el diámetro.
POLIMÉRICO	Se emplean cuando han de soportar grandes esfuerzos mecánicos, debido a que su resistencia mecánica es aproximadamente el doble que los de porcelana, y sus propiedades aislantes también son superiores; sin embargo, su costo es considerablemente mayor.
TENSOR	Aislador de porcelana o sintético, de forma cilíndrica con dos agujeros y ranuras transversales. Se usa como soporte aislador entre el poste y el suelo en los cables tensores, y para tensar líneas aéreas y estructuras de

**Tabla 7** – Tipos de aisladores y sus características.

Fuente: Memoria de cálculos Compañía Energética de Occidente

**Selección de aisladores:** Los aisladores utilizados, independientemente del tipo, deben poseer certificado de conformidad expedido por un ente acreditado por la SIC tal como se establece en el ***RETIE, Art. 20.1***, pág. 83.

En la selección de los aisladores, se debe tener en cuenta el nivel de tensión de la red, el nivel de aislamiento y el grado de contaminación.

Las cualidades específicas que deben cumplir los aisladores son: rigidez dieléctrica, resistencia mecánica, resistencia a las variaciones de temperatura y ausencia de envejecimiento.

## Distancias mínimas de fuga

Las distancias mínimas de fuga, según el grado de contaminación establecido en la norma IEC 60071-2, se muestran en la tabla.

GRADO DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MÍNIMA DE FUGA (DF)		
I-Insignificante	1. Áreas no industriales y de baja densidad de casas equipadas con equipos de calefacción.	16 mm/kV		7. Áreas con alta densidad de industrias o casas, pero sometidas a frecuentes vientos y/o lluvias.
	2. Áreas con baja densidad de industrias o casas, pero sometidas a frecuentes vientos y/o lluvias.		III-Fuerte	8. Áreas expuestas a vientos del mar, pero no próximas a la costa.
II-Medio	3. Áreas agrícolas.	20 mm/kV		9. Áreas con alta densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con alta densidad de plantas de calefacción produciendo contaminación.
	4. Áreas montañosas.			10. Áreas próximas al mar o expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar.
	5. Todas las áreas anteriores deben estar situadas al menos entre 10 y 20 km y no estar sometidas a vientos provenientes del mismo.		IV-Muy Fuerte	11. Áreas sometidas a humos contaminantes que producen depósitos conductores espesos.
	6. Áreas con industrias poco contaminantes y/o casas equipadas con plantas de calefacción.			12. Áreas muy próximas al mar, sujetas a vientos muy fuertes.
				13. Áreas desérticas expuestas a vientos que contienen arena y sal.

**Tabla 8** – Distancias mínimas de fugas según la contaminación.

Fuente: Memoria IEC60071-2

La distancia total de fuga de los aisladores se calcula con la ecuación 1.

$$(1) Dt = Vmax \sqrt{3xDfx\delta}$$

Donde:

$Dt$ : Distancia total de fuga mm

$Vmax$ : Tensión máxima de operación KV Para redes de 13,2 kV y 34,5 kV se deben tomar 17,5 kV y 36 kV como las tensiones máximas respectivamente.

$Df$ : Distancia mínima de fuga mm/KV

$\delta$ : Factor de corrección por densidad del aire, ecuación 2.

$$(2) \delta = eh/8150$$

Donde:

$h$ : Altura sobre el nivel del mar

El número de aisladores a instalar, por estructura, se calcula como la razón entre la distancia total de fuga, y la distancia de fuga del aislador seleccionado; como se muestra en la ecuación 3.

$$(3) \# \text{ de aisladores} = Dt / D_{\text{aislador}}$$

A continuación, se muestra un ejemplo del cálculo de la distancia de fuga para los aisladores instalados en un proyecto eléctrico aprobado por EBSA [2]:

$$\delta = e2525/8150 = e0.31$$

$$\delta = 1.36$$

Por la ubicación del proyecto, se asume una distancia mínima de fuga para zonas con grado de contaminación insignificante, de 16 mm/kV.

$$Dt = 17.5KV \sqrt{3 \times 16mm/kV \times 1.36} \quad Dt = 219.85mm$$

La distancia de fuga para aisladores poliméricos clase ANSI (DS-15) es de 410mm por lo tanto la cantidad de aisladores requeridos para la estructura es:

$$\# \text{ de aisladores} = Dt / D_{\text{aislador}} = 219.85mm / 410mm$$

$$\# \text{ de aisladores} = 0.53$$

### **3.1.3 ANÁLISIS DE CORTACIRCUITO Y FALLA A TIERRA.**

En esta sección se calculará la corriente de cortocircuito de los transformadores que se necesitan para el proyecto Conjunto residencial Novaterra será un transformadores de 112.5KVA del cual se pretende que suministre la potencia suficiente para el óptimo desarrollo del Proyecto Novaterra ubicado en el Occidente del municipio de Popayán departamento del Cauca y se analizarán las corrientes simétricas y asimétricas de la Subcentral a la que se encuentre conectado el Centro de Distribución del cual se alimentará la subestación perteneciente al proyecto, y que debe estar especificado en la factibilidad de servicio.

Para esto se utiliza un software que nos permite realizar el cálculo pertinente al óptimo desarrollo del proyecto.

## ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO Y FALLA A TIERRA

### DATOS DE LA OBRA

NOMBRE DEL PROYECTO	<b>NOVATERRA</b>
CIRCUITO	<b>11-323</b>
CENTRO DE TRANSFO	<b>112,5 KVA</b>

*Aporte de corriente de la red eléctrica MT*

### DATOS CORTO CIRCUITO PUNTO CONEXIÓN

NIVELCC 3 F		NIVELCC 1 F	
IK* [KA]	2,885	IK* [KA]	1,031
IP* [KA]	5,361	IP* [KA]	1,857
WR	3,35	WR	1,68
Nivel de Tensión: II	13,2 KV.		

**La impedancia en el punto de conexión dado por el operador es:**

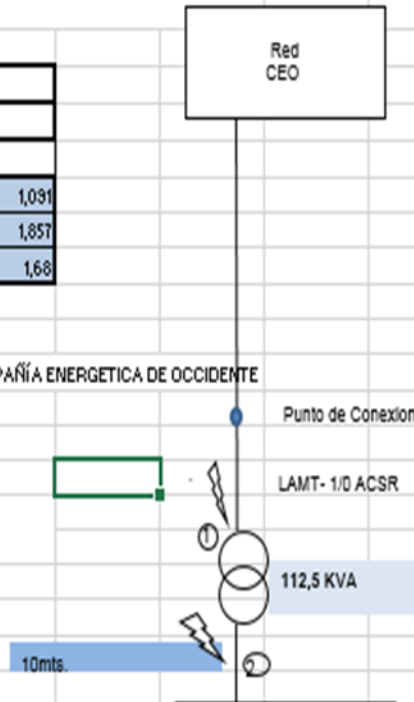
$$Z_{operador} = R + jX = 5,361 + j 3,35 \quad \Omega \quad \text{COMPAÑÍA ENERGÉTICA DE OCCIDENTE}$$

**La impedancia para la LAMT del Proyecto en cable 1/0 ACSR y configuración de paso:**

Longitud (Km):	0,02
R ( $\Omega$ /Km) a 75°C :	0,7169 (Memoria-Proyecto)
X ( $\Omega$ /Km):	0,420

$$Z_{LAMTP} = R + jX = 0,014338 + j 0,008 \quad \Omega$$

$$Z_{LAMT} = \sqrt{R^2 + X^2} = 0,017 \quad \Omega$$



**Impedancia en el punto lado de alta del transformador**

$$Z_{trafo\ alta} = 5,975 + j 3,358 \quad \Omega \quad (\text{Secuencia Positiva})$$

$$Z_{alimentador} = \sqrt{R^2 + X^2} = 7 \quad \Omega$$

$$Z_{(LAMT)_0} = R_0 + jX_0 = 1,86 + j 1,680 \quad \Omega \quad (\text{Secuencia Cero})$$

$$Z_{(LAMT)_0} = \sqrt{R^2 + X^2} = 2,504 \quad \Omega$$

**Cálculo de corriente de cortocircuito según la IEC 60 909 en el lado de alta del transformador**

**Falla alejada de generadores:**

$$I_{cc} = \frac{c * U}{\sqrt{3} * Z} = 1,22502^{kA} \quad (\text{Impedancia en el punto lado de alta del transformador, Secuencia Positiva})$$

**I<sub>cc</sub> falla a tierra:**

$$I_{cc} = \frac{c * U \sqrt{3}}{2Z_d + Z_0} = 1,551179 \quad KA.$$

**Se selecciona cortacircuito monopolar de 10 KA. de intensidad de corte simétrica instantánea ANSI C37.42 (con distancia de 430mm-Norma Operador de Red)**



Ion: Corriente de cortocircuito Simétrica  
 c: Valor Factor de corrección de tensión propuesto por el fabricante (IEC 60303)  
 U: Valor de la tensión de alimentación desde donde ocurre la falla  
 Z: Impedancia de cortocircuito de la red

Valor Factor de tensión "c" (IEC 60303)		
Tensión Nominal	Ion max	Ion min
Silenciosa - 5X	1,85	0,95
Silenciosa - 18X	1,18	0,95

Calculo de corriente de cortocircuito Arimétrica:  
 $I_{sc} [ASIM] = \sqrt{2} K' I_{sc} [Sim]$ , donde  $K' = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{U}{U_n}}$   
 $\frac{U}{U_n} = \frac{220}{220} = 1,0$ , entonces  $K' = 1,82$   
 $I_{sc} [ASIM] = 1,754 \text{ kA}$

**Parámetros del transformador de alimentación:**

Parámetro	PS	KVA	Clase del transformador: Distribución
Tipo de alimentación:	Trifásica		Enfriamiento: (IEEE C57.53)
XX-CC-CC:	4,8	X	TIPO 0A Sumergido en aceite, con refrigeración natural.
Relación de Tensión:	68,88	: 1	
<b>Primaria</b>			<b>Secundaria</b>
Tipo de conexión:	Delta		Tipo de conexión:
Fase:	2		Fase:
Tensión de línea:	13,2	kV L-L	Tensión de línea:
Tensión de fase:	7,621242115	kV	Tensión de fase:
Corriente de línea:	5,68	A	Tensión fase-neutro:
Corriente de fase:	3,28	A	Corriente de línea:
Conexión del neutro:	Flotante		Conexión de fase:
			Pérdidas totales transformador:
			Regimen de conexión a línea:

**Impedancia de la Red lateral de media tensión reflejada en el lado de baja tensión:**  
 La resistencia  $R'_{or}$  y reactancia  $X'_{or}$  referida o reflejada en la Red de media tensión en el lado de baja tensión es:  
 $R'_{or} = R''(n)$ ;  $X'_{or} = X''(n)$ , donde R y X son la resistencia y reactancia inductiva respectivamente de la red de media tensión, n es la

$Z = R + jX = \frac{R}{n^2} + j \frac{X}{n^2}$   
 Z de la Red de MT Reflejada en baja tensión

**Impedancia del transformador:**

Para el Transformador de 75 KVA. Se tiene:

Capacidad de CC del Transformador =  $\frac{1000}{2X} = 4,35 \text{ VA}$   
 La impedancia "Z" del transformador es igual:  $Z = Z_{cc} \frac{U_n^2}{S_n} = 0,825819 = 25,81 \text{ m}\Omega$   
 La resistencia del transformador es:  $R_T = \frac{P_t \times V^2}{S^2} = 0,881782 = 1,782 \text{ m}\Omega$

P1 - Pérdidas totales del transformador en servicio  
 V - voltaje en baja Tensión  
 S - Potencia transformador en VA  
 $X_T = \sqrt{Z^2 - R^2} = 0,82575 = \dots$   
 Por lo tanto:  $X_T = 0,825752 = 25,75 \text{ m}\Omega$

El factor de corrección de la X se obtiene mediante:  
 $C_{max}$ : Véase valor Factor de tensión "c" (IEC 60303)  
 $K_t \text{ corregido} = K_t \times X_T = 0,8265 = \dots$   
 $K_t = 0,95 = \frac{C_{max}}{1 + 0,6X_t} = 1,8251$

$Z_{trafal} = R_{JT} - j 0,8265 = \dots$  Z Impedancia del transformador  
 $Z_{trafakaj} = \frac{R_{JT}}{K_t} + j 0,8265 = \dots$  [Resistencia Positiva]  
 $Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \dots$

**Falla en terminales de baja tensión del transformador:**

**Para una falla Bifásica:**

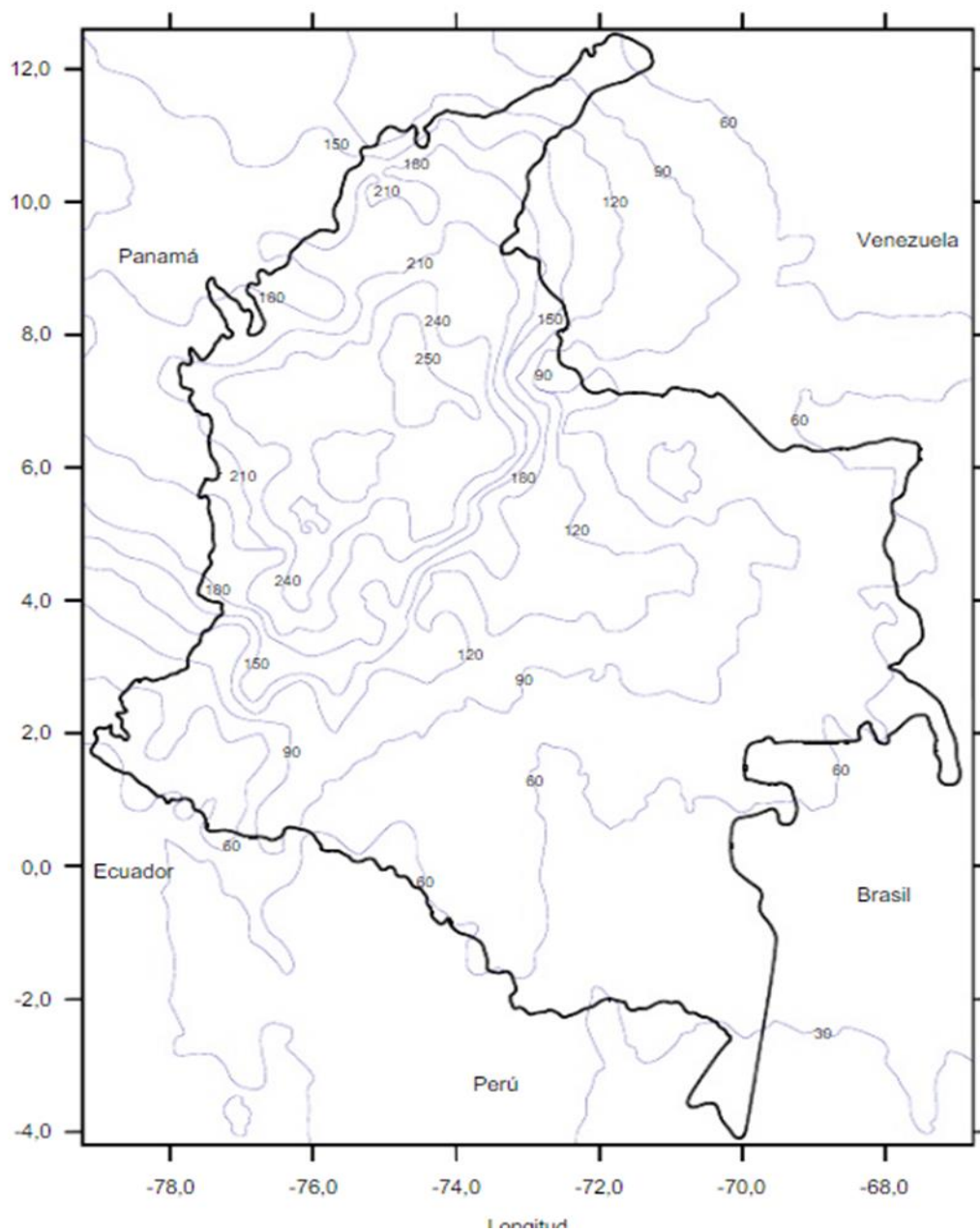
**Ion Bifásica:**  
 $Z_{B-R} = \dots$   
 Corriente de cortocircuito Simétrica  
 $I_{cc} = \frac{c \cdot U}{Z_{B-R}} = \dots \text{ kA}$

**Selección disyuntivos de protección de baja tensión:**  
 Se debe seleccionar MCB para 224 V, capacidad igual a 5 kA.

Figura 6 – Imagen resultado programas análisis corto circuito  
 Fuente: Memoria de cálculos Elite Fernández Ingeniería Eléctrica y telecomunicaciones

### 3.1.4 ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCION CONTRA RAYOS.

El análisis de riesgo por descargas atmosféricas tiene como finalidad realizar el estudio que permita definir el nivel de protección en el sistema de protección contra rayos SIPRA.



**Figura 7** – Imagen nivel riegos por rayos parámetros nacionales  
Fuente: Memoria NTC 4552

Análisis de nivel de riesgo por rayo y medidas de protección contra rayos según NTC 4552

Para lograr encontrar el nivel de riesgo es fundamental tener cuenta cuatro índices, clasificados y ponderados dentro de dos características como los parámetros de los rayos e índices que están relacionados con la estructura

Evaluación

Se analiza la parte del emplazamiento que contiene edificaciones de un piso.

Nivel cerámico (nc)

Tomado del análisis previo:

NC = 180 días tormentosos / año; es el número de días al año en los cuales es oído por lo menos un trueno en el municipio de Popayán departamento del Cauca.

Densidad de descarga a tierra (DDT)

Del análisis anterior:

$DT = 0.0017 \cdot NC \cdot 1.56 = 5,6$  [Descargas / (Km<sup>2</sup> \* año)]

CORRIENTE ABSOLUTA PROMEDIO (IAB)

Del análisis anterior:

labs = 43kA

Conclusión evaluación del nivel de riesgo:

Asumiendo un corriente pico absoluta promedio del rayo (Iab) de 43 KA; de la misma forma que en el análisis anterior, el índice de riesgo por rayos para la estructura.

Tabla No1. Índice de Riesgo por Rayos.

INDICE DE RIESGO POR RAYOS			
Desdad de descargas a tierra ( Descargas/Km <sup>2</sup> -año)	CORRIENTE PICO ABSOLUTA PROMEDIO (KA)		
	40≤labs	20≤labs<40	labs<20
	1,00	0,65	0,30
30≤DDT			
15≤DDT<30			
5≤DDT<15			
DDT<5	X		
			SEVERAS
			ALTAS
			MODERADAS
			BAJAS

De la tabla No 1. Se obtiene un índice de riesgo por rayos bajas.

**Tabla 8.1** – Índice de riesgo por rayos.

Fuente: Memoria NTC 4552

Evaluación del índice de gravedad:

**Tabla No2. Valores del índice relacionado con el uso de la estructura**

Clasificación de Estructuras	Uso de la Estructura	Valor del Índice
A	Teatros, centros educativos, iglesias, supermercados, centros comerciales, áreas deportivas al aire libre, parque de diversión, aeropuertos, hospitales, prisiones.	40
B	Edificionde oficinas, hoteles, viviendas, grandes industrias, áreas deportivas cubiertas.	<b>30</b>
C	Pequeñas y medianas industrias, museos, bibliotecas, empresas de servicio público, sitios históricos y arqueologicos, pequeñas viviendas entre 1 y dos pisos.	20
D	Estructuras no Habitadas	0

**Tabla 8.2** – Valores de índice relacionado con el uso de la estructura.

Fuente: Memoria NTC 4552

En la parte del proyecto Conjunto residencial Novaterra Municipio de Popayán departamento del Cauca **Categoría B** para un valor ponderado de **30 puntos**.

**Tabla No3. Valores del índice relacionado con el tipo de estructura**

Tipo de Estructura	Valor del Índice
No metálica	40
Mixta	<b>20</b>
Metálica	0

**Tabla 8.3** – Valores de índice tipo de estructura.

Fuente: Memoria NTC 4552

La estructura de las viviendas en la urbanización NOVATERRA con un puntaje de **20 puntos**.

**Tabla No4. Valores del índice relacionado con la altura y el área**

INDICE DE RIESGO POR RAYOS				
Desidad de descargas a tierra (Descargas/Km <sup>2</sup> - año)	R <sub>labs</sub>	CORRIENTE PICO ABSOLUTA PROMEDIO(KA)		
		40≤labs	20≤labs<40	labs<20
30≤DDT	1	1,00	0,65	0,30
15≤DDT<30	0,75	<b>0,825</b>	<b>0,720</b>	<b>0,615</b>
5≤DDT<15	0,5	<b>0,650</b>	<b>0,545</b>	<b>0,440</b>
DDT < 5	0,25	<b>0,475</b>	<b>0,370</b>	<b>0,265</b>

**Tabla 8.4** – Valores de índice relación altura y área.

El valor del índice relacionado con la altura y el área se ajusta a **7 puntos**.

### Valores Acumulados de los Índices:

Suma de índices de gravedad	Gravedad
0 a 35	Leve
36 a 50	Baja
51 a 65	Moderada
66 a 80	Alta
81 a 100	Severa

USO	30
TIPO DE ESTRUCTURA	20
AREA Y ALTURA	7
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>

**Tabla 8.4.1** – Valores de índice acumulados.

Fuente: Memoria NTC 4552

### Tabla No5. Niveles de Gravedad

La suma de los subíndices determina un Índice de Gravedad es MODERADA.

En resumen, la Evaluación del nivel de Riesgo resulta de la aplicación de la Matriz del Factor de Riesgo de la siguiente manera:

Índice de gravedad relacionado con la estructura: bajas.

MATRIZ DE FACTOR DE RIESGO					
GRAVEDAD \ RIESGO POR RAYO	Severa	Alta	Moderada	Baja	Leve
Severo					
Altos					
Moderados			X		
Bajos					

**Tabla 8.5** – Matriz factor de riesgo.

Fuente: Memoria NTC 4552

Para concluir, el Nivel de Riesgo para las viviendas del Conjunto Residencial Novaterra del municipio de Popayán en el departamento del Cauca es moderado. Por tanto, el Sistema Integral de Protección contra Rayos debe ser:

Nivel de Riesgo	Acciones Recomendadas
<b>NIVEL DE RIESGO MODERADO</b>	<b>SPI para acometidas aéreas.</b>
	<b>Cableados y PT según NTC-2050 – IEEE 1100</b>
NIVEL DE RIESGO MEDIO	SPI
	Cableados y PT según NTC-2050 – IEEE 1100
	SPE
NIVEL DE RIESGO ALTO	SPI
	Cableados y PT según NTC-2050 – IEEE 1100
	SPE
	Plan de prevención y contingencia

**Tabla 8.6** – Nivel de riesgo conclusión  
Fuente: Memoria NTC 4552

### 3.1.5 ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS.

La Obra Eléctrica Provisional de OBRA – Contará con personal de HSEQ permanente todo el personal será capacitado y formado para realizar actividades acordes a las necesidades. Por las características del proyecto, no hay áreas especiales, no hay estructuras que contengan químicos o explosivos o gases explosivos.

El proyecto se encuentra ubicado en zona urbana, no aislado, rodeado de otras estructuras de similar altura o altura mayor. Teniendo en cuenta las justificaciones anteriores, no se requiere la implementación de un SPE (Sistema de Protección Externo) contra rayos.

El presente diseño eléctrico, tiene alcance las instalaciones eléctricas de uso final, como profesional considero que las medidas de protección interna frente a sobretensiones transitorias no se deben subestimar u omitir, aun cuando el nivel de riesgo por rayos sea muy bajo. Es aconsejable un SPI (Sistema de Protección Interno) que limite los riesgos (pérdidas de vidas humanas)

Es de carácter obligatorio que toda estructura y/o parte metálica, al igual que los tableros eléctricos, sean equipotencial izados, a través de un sistema de puesta a tierra. El conductor neutro de la acometida interna debe equipotencial izarse interconectando los barrajes de neutro y tierra en el tablero eléctrico.

Medidas de Protección:

1. Equipotencial izar los tableros, estructuras y partes metálicas.
2. Incluir en el programa de salud ocupacional y seguridad en el trabajo, medidas preventivas cuya práctica contribuya a la seguridad de las personas frente a la probabilidad de descargas atmosféricas en la zona de influencia y áreas de trabajo.

ANEXO de la NTC 4552

## GUÍA GENERAL DE SEGURIDAD PERSONAL DURANTE TORMENTAS ELÉCTRICAS

### **LAS CUALES SE TENDRAN EN CUENTA PARA EL PROYECTO DEFINITIVO**

Durante una tormenta eléctrica son evidentes los peligros a los que se exponen, no solo las edificaciones y los sistemas eléctricos y electrónicos, sino las personas. Es por ello que se deben conocer algunas recomendaciones para tener en cuenta durante una tormenta, evitando riesgos para las personas. El riesgo de ser alcanzado por un rayo es mayor entre las personas que trabajan, juegan, caminan o permanecen al aire libre durante una tormenta eléctrica.

En la zona central colombiana (Cundinamarca, Antioquia, Boyacá, Santander, Caldas, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca y los llanos) la actividad de rayos es más intensa durante los meses de abril, mayo, octubre y noviembre; en la zona caribe colombiana (Atlántico, Magdalena, Sucre, Córdoba, Guajira) durante los meses de julio y agosto y en la zona sur (Amazonas, Cauca y Putumayo) durante los meses de diciembre y enero. La actividad de rayos se presenta generalmente en las tres zonas descritas entre las 2 y las 6 de la tarde y en algunas zonas especiales como el Magdalena Medio en horas de la noche y en la madrugada.

Cuando se tenga indicios de tormenta eléctrica es recomendable, como medida de protección, tener en cuenta las siguientes instrucciones:

- Aterrice y proteja adecuadamente los equipos sensibles de uso eléctrico, electrónico, telefónico o de comunicaciones contra sobretensiones de acuerdo con los criterios y recomendaciones presentadas en esta norma, de lo contrario desconéctelos retirando el enchufe del tomacorriente evitando así el uso de ellos.
- Busque refugio en el interior de vehículos, edificaciones y estructuras que ofrezcan protección contra rayos.
- A menos que sea absolutamente necesario, no salga al exterior ni permanezca a la intemperie durante una tormenta eléctrica.
- Permanezca en el interior del vehículo, edificación o estructura hasta que haya desaparecido la tormenta.

Protéjase de los rayos en:

- Contenedores totalmente metálicos.
- Refugios subterráneos.
- Automóviles y otros vehículos cerrados con carrocería metálica.
- Viviendas y edificaciones con un sistema adecuado de protección contra rayos

Estos sitios ofrecen poca o ninguna protección contra rayos:

- Edificaciones no protegidas alejadas de otras viviendas.
- Tiendas de campaña y refugios temporales en zonas despobladas.
- Vehículos descubiertos o no metálicos.

Aléjese de estos sitios en caso de tormenta eléctrica:

- Terrenos deportivos y campo abierto.
- Piscinas, playas y lagos.
- Cercanía a líneas de transmisión eléctrica, cables aéreos, vías de ferrocarril, tendedores de ropa, cercas ganaderas, mallas eslabonadas y vallas metálicas.
- Árboles solitarios.
- Torres metálicas: de comunicaciones, de líneas de alta tensión, de perforación, etc.

Si debe permanecer en una zona de tormenta:

- Busque zonas bajas.
- Evite edificaciones sin protección adecuada y refugios elevados.

- Prefiera zonas pobladas de árboles, evitando árboles solitarios.
- Busque edificaciones y refugios en zonas bajas.

Si se encuentra aislado en una zona donde se esté presentando una tormenta:

- No se acueste sobre el suelo. - Junte los pies. - No escampe bajo un árbol solitario. - No coloque las manos sobre el suelo, colóquelas sobre las rodillas. - Adopte la posición de cuclillas.



Desconecte los equipos y artefactos eléctricos como televisores, equipos de sonido, computadores, tabletas, celulares, microondas y otros.

Si en el sitio hubiese brigadistas, atienda las señales de alarma y siga las órdenes que impartan los brigadistas de emergencias.

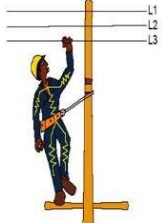





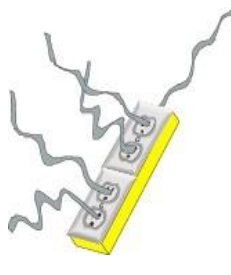
**Nivel de riesgo:** Equivale a grado de riesgo. Es el resultado de la valoración conjunta de la probabilidad de ocurrencia de los accidentes, de la gravedad de sus efectos y de la vulnerabilidad del medio.

Se entenderá que una instalación eléctrica es de PELIGRO INMINENTE o de ALTO RIESGO, cuando carezca de las medidas de protección frente a condiciones donde se comprometa la salud o la vida de personas, tales como: ausencia de la electricidad, arco eléctrico, contacto directo e indirecto con partes energizadas, rayos, sobretensiones, sobrecargas, cortocircuitos, tensiones de paso, contacto y transferidas que excedan límites permitidos

En la tabla 7 se muestran algunos de los factores de riesgo más comunes, sus posibles causas y algunas medidas de protección:

	<p style="text-align: center;"><b>ARCOS ELECTRICOS</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga si utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.</p>



	<p style="text-align: center;"><b>CONTACTO DIRECTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Negligencia de Técnicos o impericia de no Técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Establecer distancias de seguridad, Interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>CONTACTO INDIRECTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Separación de circuitos, uso de muy bajatenensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>CORTOCIRCUITO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>ELECTRICIDAD ESTÁTICA</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Sistema de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>EQUIPO DEFECTUOSO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Mantenimiento predictivo, y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>RAYOS</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>SOBRECARGA</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Uso de interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.</p>

	<p style="text-align: center;"><b>TENSIÓN DE CONTACTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Puesta a tierra de baja resistencia, Restricción de acceso, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>TENSIÓN DE PASO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, Violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Puesta a tierra de baja resistencia, Restricción de acceso, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>

Matriz de riesgo: se realiza con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones (Tabla 9.3). La metodología a seguir en un caso en particular, es la siguiente:

- a. Definir el factor de riesgo que se requiere evaluar o categorizar.
- b. Definir si el riesgo es potencial o real.
- c. Determinar las consecuencias para las personas, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Estimar dependiendo del caso particular que analiza.
- d. Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (a, b, c, d, e): esa será la valoración del riesgo para cada clase.
- e. Repetir el proceso para la siguiente clase hasta que cubra todas las posibles pérdidas
- f. Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.
- g. Tomar las decisiones o acciones, según lo indicado en la Tabla 9.4.

RIESGO A EVALUAR:										
EVENTO O EFECTO		por		FACTORES DE RIESGO			(si) o (en)			
POTENCIAL: <u>X</u>		REAL: _____			FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción Regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DESICIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	<b>Inadmisibile para trabajar.</b> Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo.  Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	<b>Minimizarlo.</b> Buscar alternativas que presenten menor Riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancias, usar EPP.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	<b>Aceptarlo.</b> Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP)	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	<b>Asumirlo.</b> Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP.  No requiere permiso especial de trabajo.	El líder de trabajo debe verificar: * ¿Qué puede salir mal o fallar? * ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? * ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios.	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo.

## RIESGOS MÁS COMUNES

### Arco Eléctrico

**POSIBLES CAUSAS:** Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de

mantenimiento.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.

### **Ausencia de tensión**

**POSIBLES CAUSAS:** Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.

### **Contacto directo**

**POSIBLES CAUSAS:** Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.

### **Contacto indirecto**

**POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.

### **Cortocircuito**

**POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.

### **Electricidad Estática**

**POSIBLES CAUSAS:** Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.

### **Equipo defectuoso**

POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.

### **Rayos**

POSIBLES CAUSAS: Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además, suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.

### **Sobre carga**

POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles biendimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.

### **Tensión de contacto**

POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

### **Tensión de paso**

POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla,

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

### ANALISIS DE RIESGO ELECTRICO DEL PROYECTO

RIESGO A EVALUAR:	Quemadura		por	Arco eléctrico		(el) o (en)	Subestación			
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO			FUENTE			
CONSECUENCIAS	POTENCIAL: <b>X</b>		REAL: _____			FRECUENCIA				
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en Infraestructura. Interrupción Regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	<del>BAJO</del>	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	<del>BAJO</del>	<del>BAJO</del>	BAJO	MEDIO	
Evaluador:					MP:	FECHA:				

		CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	3	E	BAJO
2.	ECONOMICAS	2	C	MEDIO
3.	AMBIENTALES	2	D	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	2	D	BAJO

#### Riesgo medio

##### Control a implementar

- Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP).
- Requiere permiso de trabajo
- Solicitar permisos en el operador de red antes de realizar cualquier trabajo.
- Utilizar 5 reglas de oro para maniobras donde se deba des energizar
- Mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.

RIESGO A EVALUAR:	Electrificación	por	Contacto indirecto		(al) o (en)	Aparatos eléctricos y electrodomésticos				
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO			FUENTE				
POTENCIAL: <u>X</u>		REAL: <u>    </u>			FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción Regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

		CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	1	B	BAJO
2.	ECONOMICAS	1	B	BAJO
3.	AMBIENTALES	1	B	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	1	B	BAJO

**Riesgo bajo**

**Control a implementar**

- Realizar control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP.
- Comprobar la buena instalación del sistema de puesta a tierra, las carcasas y partes metálicas deben estar sólidamente puesto a tierra.
- Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de instalaciones y equipos.

RIESGO A EVALUAR:										
Electrificación		por		Electricidad <del>estática</del>		(s) o (en)		Ambiente o manipulación de equipos		
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUENTE						
POTENCIAL: <b>X</b>			REAL: _____			FRECUENCIA				
<b>CONSECUENCIAS</b>	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción Regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (efectos rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	<del>BAJO</del>	BAJO	BAJO	MEDIO	

	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	1	BAJO
2.	ECONOMICAS	1	BAJO
3.	AMBIENTALES	1	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	1	BAJO

**Riesgo bajo**

**Control a implementar**

- Realizar control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP.
- Comprobar la buena instalación del sistema de puesta a tierra.
- Realizar conexiones equipotenciales con las partes metálicas de estructuras y equipos.



RIESGO A EVALUAR:	Rigidez muscular	por	Contacto directo	(s) o (en)	Transformador y Tableros de distribución					
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUENTE					
POTENCIAL: <u>X</u>		REAL: _____			FRECUENCIA					
<b>CONSECUENCIAS</b>	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción Regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUYALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (efecto rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Internas	1	MUYBAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	5	MEDIO
2.	ECONOMICAS	2	BAJO
3.	AMBIENTALES	2	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	2	BAJO

### Riesgo medio

#### Control a implementar

- Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP).
- Comprobar la buena instalación del sistema de puesta a tierra
- Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de instalaciones y equipos corrigiendo fallas en el aislamiento de conductores y garantizando que los tableros de distribución tengan instalado frente muerto.
- Utilizar 5 reglas de oro para maniobras donde se deba desenergizar, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contrarayos ultravioleta.

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución		por	Tensión de contacto		(al) o (en)	Sistema de puesta a tierra				
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO					FUENTE			
POTENCIAL: <u>X</u>		REAL: <u>    </u>					FRECUENCIA				
<b>CONSECUENCIAS</b>	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
	Una o más muertes	Daño grave en Infraestructura. Interrupción Regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	<del>MEDIO</del>	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	<del>BAJO</del>	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	<del>BAJO</del>	BAJO	BAJO	MEDIO		

	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	4	MEDIO
2.	ECONOMICAS	2	BAJO
3.	AMBIENTALES	2	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	1	BAJO

**Riesgo medio**

**Control a implementar**

- Verificar que las protecciones estén de acuerdo al plano y estén coordinadas adecuadamente.
- Verificar que el tablero este aterrizado y equipotencial izado correctamente.
- El personal a trabajar en la red debe ser capacitado y que lleve todos los elementos de seguridad.

**3.1.6 ANÁLISIS DE TENSION REQUERIDO.**

El nivel de tensión requerido dependerá directamente de los niveles nominales de voltaje de los diferentes equipos eléctricos, electrónicos y electromecánicos que formen parte del proyecto (Para este caso se trata de una torre grúa, Equipos de Servicios Generales y de Oficina provisional etc....).

En esta sección de las memorias de cálculo, se deberán definir los voltajes nominales del transformador que forman parte de la instalación eléctrica, y que suministrarán energía a todos los equipos conectados, aguas abajo, en el proyecto a construir; alimentados en M.T por la red eléctrica del Sistema Interconectado Nacional, SIN; administrada por el Operador de Red de la región.

**Nivel de Tensión Requerido en Media Tensión: 13.2KV****Nivel de Tensión Requerido en Baja Tensión: 208V/120V**

El proyecto es de tipo Categoría privado, se toma como un Proyecto de Zona urbanística y competencias locales en el municipio de Popayán departamento del Cauca en el cual se realiza AUMENTO DE POTENCIA, para lo cual se requiere por BT un nivel de tensión de 208V/120V. Para proporcionar estas tensiones, se instalará un centro de transformación que será alimentado a través de la red de MT 13.2KV. Teniendo en cuenta la naturaleza de la carga, la capacidad a instalar y la distribución de esta se requiere de un transformador de 112.5KVA el cual proporciona la potencia requerida para el proyecto.

**TABLA 79. Tensión de Servicio de Acuerdo al Tipo de Usuario**

TIPO DE USUARIO	SERVICIO MONOFÁSICO BIFILAR/ TRIFILAR (V)	SERVICIO TRIFÁSICO TETRAFILAR (V)
Residencial Urbano	240/120	208/120
Residencial Rural	240/120	208/120
Residencial Comercial	240/120	208/120
Industrial	-----	208/120

**Tabla 9** – Tensión de servicio de acuerdo al tipo de usuario.

## 4 CALCULOS DEL DISEÑO.

### 4.1 CALCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS PARA ASEGURAR QUE EN ESPACIOS DESTINADOS A ACTIVIDADES RUTINARIAS DE LAS PERSONAS NO SE SUPEREN LOS LIMITES DE EXOSICION DEFINIDOS EN LA TABLA 14.1.

El campo electromagnético es una modificación del espacio debida a la interacción de fuerzas eléctricas y magnéticas simultáneamente [10], producidas por un campo eléctrico y uno magnético que varían en el tiempo, por lo que se le conoce como campo electromagnético variable. Es producido por diferencias de potencial y cargas eléctricas en movimiento y tiene la misma frecuencia de la corriente eléctrica que lo produce. Se ha demostrado que los campos electromagnéticos de bajas frecuencias (0 a 300Hz) no producen efectos nocivos en los seres vivos. Las instalaciones del sistema eléctrico a 60 Hz producen campos electromagnéticos a esta frecuencia, lo que permite medir o calcular el campo eléctrico y el campo magnético en forma independiente.

#### 4.2 CALCULO DE TRANSFORMADORES INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMONICOS Y EL FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA.

Para realizar el cálculos del transformador a utilizar en el proyecto Novaterra debemos contar con dos factores fundamentales para su elección, una es la demanda diversificada que nos brinda el prestador de servicio en este caso la Compañía energética de occidente con las tablas de demanda diversificada que nos indica el valor de factor de demanda a utilizar dependiendo de la cantidad de usuarios y la estratificación en la cual está ubicado el proyecto en este caso es el estrato 5 de donde sacamos el valor siguiente:

Demanda Máxima Diversificada kVA						
No. Usuarios	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6
61	16,64	19,03	27,18	35,33	56,89	74,26
62	16,86	19,28	27,55	35,81	57,65	75,24
63	17,09	19,54	27,91	36,28	58,41	76,22
64	17,32	19,79	28,27	36,76	59,16	77,19
65	17,55	20,05	28,64	37,23	59,91	78,16
66	17,77	20,3	29	37,7	60,67	79,13
67	18	20,55	29,36	38,17	61,42	80,1
68	18,22	20,81	29,72	38,64	62,16	81,06
69	18,45	21,06	30,08	39,11	62,91	82,03
70	18,67	21,31	30,44	39,58	63,65	82,99
71	18,89	21,56	30,8	40,04	64,4	83,95
72	19,12	21,81	31,16	40,51	65,14	84,9
73	19,34	22,06	31,52	40,97	65,88	85,86
74	19,56	22,31	31,87	41,44	66,62	86,81
75	19,79	22,56	32,23	41,9	67,36	87,76
76	20,01	22,81	32,59	42,36	68,09	88,71
77	20,23	23,06	32,94	42,82	68,83	89,66
78	20,45	23,31	33,3	43,28	69,56	90,6
79	20,67	23,55	33,65	43,74	70,29	91,55
80	20,89	23,8	34	44,2	71,02	92,49
81	21,11	24,05	34,35	44,66	71,75	93,43
82	21,33	24,29	34,71	45,12	72,48	94,37
83	21,55	24,54	35,06	45,57	73,21	95,31
84	21,77	24,79	35,41	46,03	73,93	96,24
85	21,99	25,03	35,76	46,49	74,66	97,17
86	22,21	25,28	36,11	46,94	75,38	98,11
87	22,43	25,52	36,46	47,39	76,1	99,04
88	22,64	25,76	36,81	47,85	76,82	99,97
89	22,86	26,01	37,15	48,3	77,54	100,9
90	23,08	26,25	37,5	48,75	78,26	101,82

**Tabla 10** – Demanda máxima diversificada por cantidad de usuarios y estratificación.

En el cálculo de la potencia del transformador TP1, con factor de potencia medio de 0,9; el transformador seleccionado debe ser el menor, cuya capacidad nominal

Cumpliendo:

$$KVA_{CT} \geq \frac{P_{CT}}{\cos \varphi} \text{ (Ec. 8)}$$

**Dónde:**

PCT: Potencia total a transportar por el transformador en referencia, incluyendo las cargas de alumbrado exterior del conjunto residencial cargas futuras como locales comerciales, gimnasio salón social entre otros.

Factor de potencia del sistema

Se podrá aceptar una sobre carga al transformador del 10%

Para el Transformador seleccionados tenemos:

$$KVA_{TP1} \geq \frac{83.4 \text{ KW}}{0.9}$$

$$KVA_{TP1} \geq 93.06$$

Transf	Usuario Oficial Proyecto	Demanda Máx Diver KVA	Estrato	fp OR	AP KVA	Cargas Futuras KVA	Reserva Técnica %	Total, Demanda KVA	Trafo Seleccionado KVA
T1	1	64,4	5	0.90	0.0	19	26%	83,4	112,5

**Tabla 11** – Parámetros para la escogencia de transformador

Fuente: Memoria de cálculos Elite Fernández Ingeniería Eléctrica y telecomunicaciones

Teniendo en cuenta lo anterior el transformador seleccionado para el proyecto es un transformador trifásico de 112.5 KVA con el cual se contará con la carga óptima para el buen desarrollo del proyecto.

### 4.3 CALCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Al realizar la instalación de un sistema de puesta a tierra se deben utilizar cajas de registro de 40\*40\*30 la cual brinda seguridad integra a toda la puesta a tierra garantiza el cuidado del electrodo para así extender su vida útil sin importar el tipo de terreno en donde se instale.



**Figura 8** – Caja normalizada sistema de puesta a tierra

Además, contamos con un software que nos permite realizar los cálculos exactos del tipo de electrodo a utilizar y las especificaciones técnicas que este debe tener.

Para esto los datos que se deben proporcionar son las corrientes simétricas suministradas por el prestador del servicio y la resistividad del terreno la cual se toma del estudio de suelos realizado por la constructora y entregado para la realización de los cálculos del proyecto.

CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA PARA UNA SOLA VARILLA					
PROYECTO:	NOVATERRA				
<b>1.1 PARÁMETROS DEL TRANSFORMADOR TR1</b>					
Potencia	113	KVA	TRIFASICO	In =	540,9
Tensión	208	V.	en bornes		
Impedancia	0,645	%	Z%(ABB)		
Resistividad a 3 m: (Preparado con Fabigel ó Hidrosolta)					25 $\Omega \cdot m$
<b>Corriente de falla simétrica mono (CEO)</b>					<b>1,046</b> k.A
<b>1.2 CALCULO DE LA TENSIÓN MÁXIMA PERMITIDA POR EL CUERPO HUMANO</b>					
Resistencia promedio del cuerpo humano					
<b>Rh =</b>	1000	$\Omega$			
Coeficiente en función del terreno y la capa superficial					
<b>Cs =</b>	0,85				
Espesor de la capa superficial <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Entre 0,1 y 0,15 metros</span>					
<b>hs =</b>	0,15	m			
Resistividad del terreno					
<b>p =</b>	25	$\Omega \cdot m$			
Resistividad aparente de la capa superficial					
<b>ps = 3p =</b>	75	$\Omega \cdot m$			
Tiempo de despeje de la falla					
<b>tc =</b>	1	segundo			
Factor depende del peso de la persona					
<b>Para una persona de 50 kg =</b>			0,116		
<b>Para una persona de 70 kg =</b>			0,157		
<b>para una persona de 50 kg</b>					
V paso tolerable			160,17		
V contacto tolerable			127,04		
<b>para una persona de 70 kg</b>					
V paso tolerable			216,78		
V contacto tolerable			171,95		
<b>1.3 CALCULO DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA: Para Una Varilla</b>					
0					

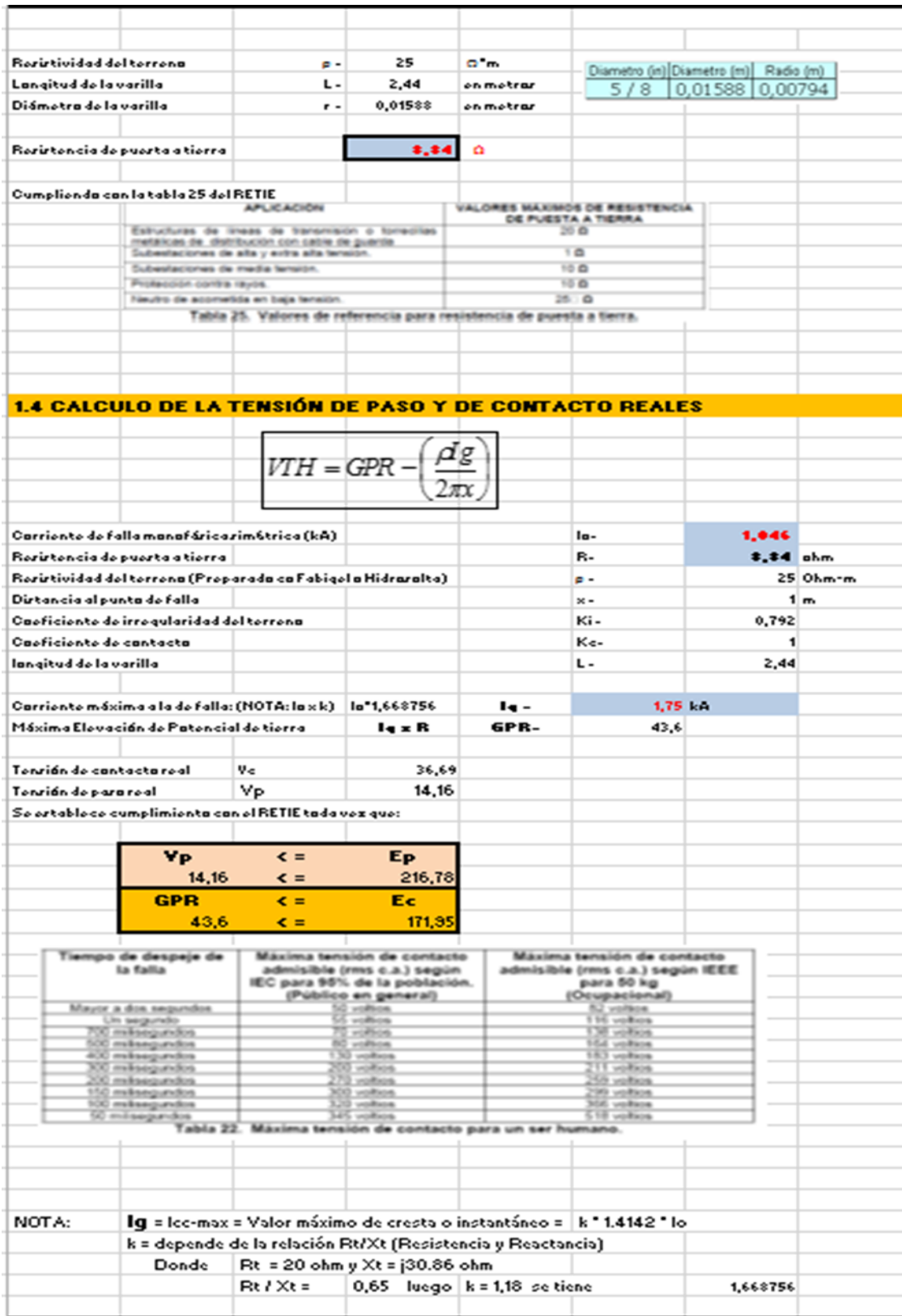


Figura 9 – software resultado sistema de puesta a tierra

Fuente: Memoria de cálculos Elite Fernández Ingeniería Eléctrica y telecomunicaciones



#### 4.4 CALCULO ECONOMICO DE LOS CONDUCTORES.

Este cálculo tiene como fin que permite establecer en términos de monetarios las pérdidas de energía debidas a la resistencia propia de cada conductor. Dichas pérdidas son calculadas mediante la ecuación la siguiente ecuación.

$$E=R*I_{max}^2*\Delta t$$

La norma especifica las resistividades del cobre y el aluminio a 20°C, con los siguientes valores:  $18.35 \times 10^{-9} \Omega m$  para Cu,

$30.3 \times 10^{-9} \Omega m$  para Al.

En este tipo de proyectos se hace necesario cuantificar las posibles pérdidas, en términos monetarios, de energía producidas por la resistencia propia de los conductores. Estas pérdidas se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$E = R * I_{MAX}^2 * \Delta t$$

$$R = \rho * \frac{l}{s}$$

**E:** Energía disipada en el conductor.

**R:** Resistencia eléctrica del conductor.

**$I_{max}$ :** Corriente máxima diseñada en el proyecto.

**$\Delta t$ :** Tiempo de circulación de corriente.

**$\rho$ :** Resistividad eléctrica del conductor

**$l$ :** Longitud del circuito.

**$s$ :** Sección transversal del conductor.

se da aplicativo al programa en donde podemos corroborar la información del Cálculo económico de los conductores

CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES				
Proyecto CONJUNTO RESIDENCIAL NOVATERRA POPAYAN - CAUCA				
PARÁMETROS Y VARIABLES	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULAS
Carga de la instalación	Trafo	75	KVA	Demanda Maxima diversificada tramo critico
Factor de potencia de la carga (controlado)	fp	0,9	Atra	
Temperatura ambiente	$\theta_a$	21-25	°C	
Factor de seguridad para el conductor - NTC 2050	fs	1,25		
Tipo de sistema		3F - (3F o 3F+N)		
Tensión de alimentación	V.L-L	208	V	
Corriente nominal de la carga	$I_n$	208,18	A	
Corriente de diseño (Factor de Seguridad 1,25)	$I_d$	260,22	A	
Número de circuitos (cada uno en ducto individual)	$N_c$	1		
Número de conductores por fase por circuito	$N_{pc}$	1		
Corriente nominal admisible de conductor individual por fase	$I_{ncp}$	260,22	A	
Longitud de la acometida	L	22,00	m	Se calcula la L apartir de la formula de regulacion tomando como base la DMD del tramo y la maxima regulacion en el tramo. Ver tablas de regulacion y
Aumento anual de la corriente de carga	a	1,00%		
Aumento anual del costo de energía	b	5,95%		
Tasa de Ineterés anual efectiva	i	28%		
Parámetro Auxiliar	r	0,844		$r = (1 + a)^2 \cdot (1 + b) / (1 + i)$
Vida económica de la instalación	N	20	Años	$Q = (1 - r^N) / (1 - r)$
Parámetro Auxiliar	Q	6,21		
Parámetro Auxiliar $\beta = 1$ para $V \geq 36,2KV$	$\beta$	1		
Número de conductores de fase	$N_p$	1		
Número de circuitos	$N_c$	1		
Tiempo de operación anual de la instalación	T	8.736	H/Año	
Costo de energía nivel de tesión II	P	0,532	\$/W-H	
Variación anual de la demanada	D	0	\$/W-Año	
Parámetro Auxiliar	F	22.523,57		$F = N_p \cdot N_c \cdot (T \cdot P + D) \cdot Q / (1 + i)$
Carga máx por conductor por fase por circuito prevista en el pri	$I_{m\acute{a}x}$	187,36	A	
Resistividad del cobre a 20°C	$\rho_{20}$	1,7241E-08	$\Omega m$	
Coefic de variación de resistencia por temperatura para el cobre	$\alpha_{20}$	3,93E-03	1/°C	
Temperatura media de operación del conductor	$\theta_m$	50	°C	$(\theta - \theta_a) / 3 + \theta_a$
Temperatura máxima nominal del conductor	$\theta$	90	°C	
Temperatura ambiente en °C	$\theta_a$	30	°C	
Parámetro A (costo prom del conductor por m y por secc transv)	A	4.992,43	\$/m-mm <sup>2</sup>	$S_{ec} = 1000 \left[ \frac{I_{m\acute{a}x}^2 + F \cdot \rho_{20} \cdot \beta \cdot (1 + \alpha_{20}(\theta_m - 20))}{A} \right]^{0,5}$
Sección económica del conductor calculada	Sec	55,25	mm <sup>2</sup>	
Calibre de Sección económica del conductor calculada normaliz	Cal-ec	2/0	AWG/KCM	
Calibre del conductor por el criterio de carga	Cal-car	4/0	AWG/KCM	
Calibre del conductor por el criterio de regulación	Cal-reg	1/0	AWG/KCM	
Calibre del conductor seleccionado	Cal-sel	2	AWG/KCM	
Sección del conductor seleccionado	S	33,63	mm <sup>2</sup>	
Resistencia del conductor seleccionado referido a	R	5,7E-04	$\Omega/m$	$R = \frac{\rho_{20}}{S} \cdot \beta [1 + \alpha_{20}(\theta_m - 20)] \cdot 10^6$
Costo inicial de la acometida	CI	3.775.200	\$	
Costo de pérdidas de la acometida (valor presente 20 Años)	CJ	9.969.712	\$	$CJ = I_{m\acute{a}x}^2 \cdot R \cdot L \cdot F$
Costo Total	CT	13.744.912	\$	$CT = CI + CJ$

Figura 10 – software resultado cálculo económico de conductores

Fuente: Memoria de cálculos Elite Fernández Ingeniería Eléctrica y telecomunicaciones

#### 4.5 CALCULO MECANICO DE LAS ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECION Y EQUIPOS

Para los cálculos de los vanos en las estructuras de Media Tensión solo son necesarios tres vanos los cuales no suman más de 100 metros debido a la planta urbanística y como se ha dado el planteamiento del proyecto se instalará 4 postes de ferro concreto uno de 1050kg/f por 12mts de altura auto en el cual se realizara el empalme de entrada a la red de distribución para la entrada en medias Tensión al conjunto como lo indican los diseños, la segunda estructura es un poste en ferro concreto de 750kg/f \* 12mts de altura el cual tiene como finalidad mermar las cargas y la tensión del conductor y el tramo de llegada ala transformador y por ultimo colocara dos poste más en el tramo final de 750kg/f \*12 mts en los cuales se hará la instalación del transformador, para esto utilizamos la tabla del prestador del servicio para el departamento del Cauca.

Tabla de Utilización de Retenidas a Tierra Media Tensión 13,2 kV

Notas:

1. Aplica para terreno denso en área urbana y todas las zonas de viento. Tracción con viento máximo y tense reducido (Tracción diaria = 8% TUR)
2. La zapata de concreto considerada es un bloque de dimensiones 0.4 x 0.40 x 0.15 m.
3. La varilla de anclaje de la retenida es de 2.40 m de longitud. Su diámetro es de 5/8" para cable de 3/8" y 3/4" para cable de 1/2".
4. El angulo que forma la retenida con el suelo es 60º mínimo.
5. Carga por viento en poste, transformador (monofásico de 75 kVA) y aisladores incluida.

Poste de Concreto Reforzado	Altura de instalación de retenida (m)	Vano regulador hasta 30 m.			Vano regulador entre 30 y 50 m.			Vano regulador entre 50 y 75 m.		
		ACSR 266 PARTRIDGE	ACSR 4/0 PENGUIN	ACSR 1/0 RAVEN	ACSR 266 PARTRIDGE	ACSR 4/0 PENGUIN	ACSR 1/0 RAVEN	ACSR 266 PARTRIDGE	ACSR 4/0 PENGUIN	ACSR 1/0 RAVEN
11/510	8,9		cable 3/8"	cable 3/8"			cable 3/8"			cable 3/8"
11/750	8,9		cable 3/8"	cable 3/8"			cable 3/8"			cable 3/8"
12/510	9,8			cable 3/8"			cable 3/8"			cable 3/8"
12/750	9,8			cable 3/8"			cable 3/8"			cable 3/8"
12/1050	9,8	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"
12/1350	9,8	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"
14/750	11,6			cable 3/8"			cable 3/8"			cable 3/8"
14/1050	11,6	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"
14/1350	11,6	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"	cable 3/8"

Tabla 12 – Parámetros para utilización de retenidas Mt 13.2

La distribución de las redes en baja tensión no es necesaria debido que esta instalación se hará en una red subterránea con cajas de inspección con un total de 19 cajas en donde no se aplicará el estudio de cálculos mecánicos de las estructuras, se encuentran dentro de los vanos reguladores normalizados por ANEXOS F al K para redes de 13.2KV suministra en su norma los cálculos mecánicos.

#### 4.6 CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRE CORRIENTES.

En el proyecto específico de redes de MT/BT de distribución, el transformador en poste lleva protección por baja tensión en el totalizador general (en concordancia con la norma técnica del OR CEO), razón por la cual la coordinación de protecciones se limita al cálculo y selección del fusible de protección por MT para dicho transformador.

Teniendo en cuenta que la carga a proteger es de 112.5 KVA se selecciona fusibles tipo 2 H, 15KV. Los fusibles del arranque existente aguas arriba, más próximo al transformador a instalar, deben ser ajustados de acuerdo con la nueva carga que se adiciona. Este ajuste y coordinación lo realiza el OR,

Curvas de fusibles Tipo H, K y T.

Las curvas que nos indica el programa utilizado nos muestran que la selección del tipo de fusible a utilizar es el más adecuado.

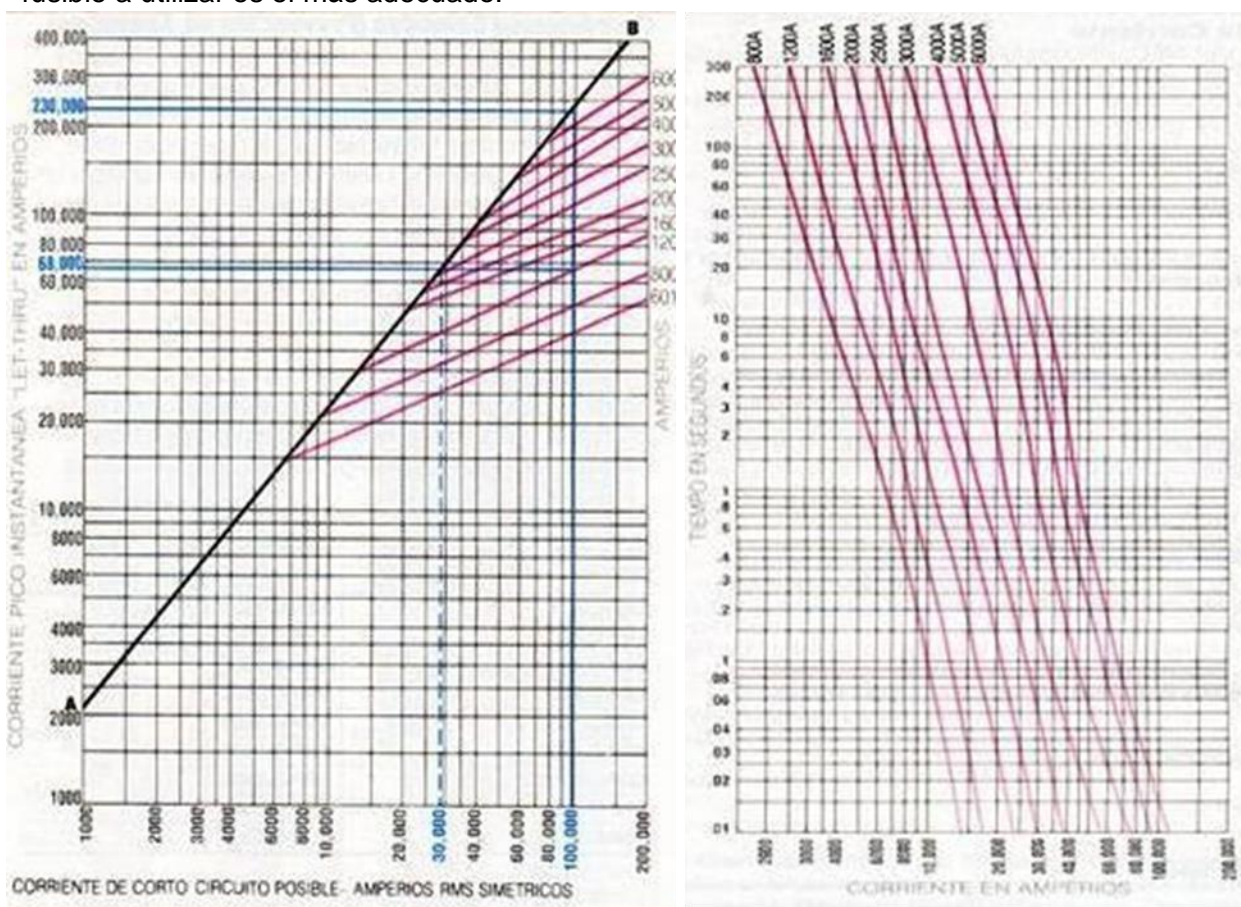


Figura 11 – Resultado cálculo coordinación protección contra sobre corrientes

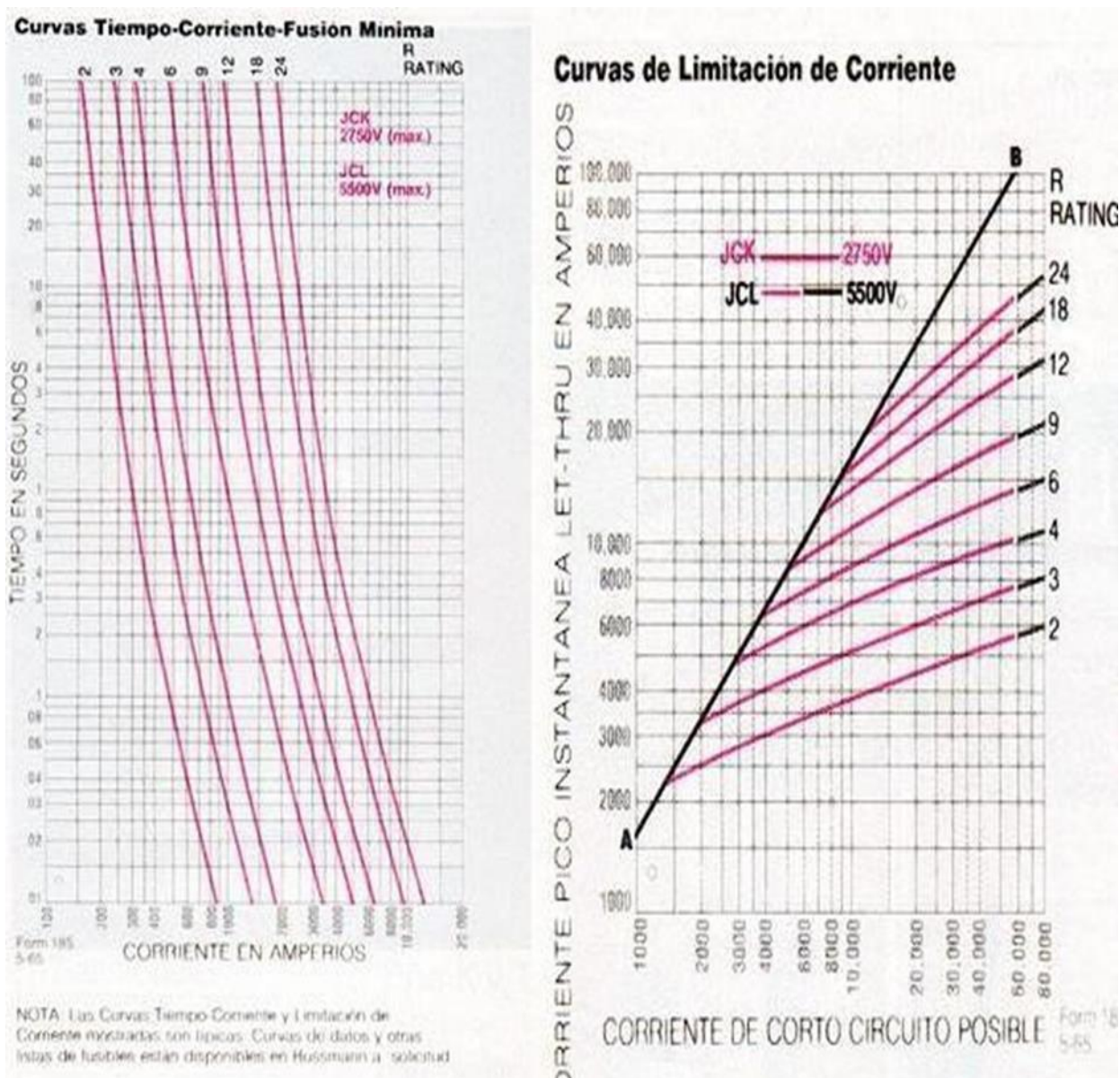


Figura 12 – Resultado 2 cálculo coordinación protección contra sobre corrientes

#### 4.7 CÁLCULOS DE CANALIZACIONES (TUBO, DUCTOS, CANALETAS Y ELECTRO DUCTOS) Y VOLUMEN DE ENCERRAMIENTOS (CAJAS, TABLEROS, CONDULETAS, ETC.).

Los calibres a utilizar en el proyecto son los siguientes:

4/0.1/0.2.

Para estos tres calibres se realizó el cálculo de canalizaciones por medio del software el cual nos proporciona una información correcta de qué tipo de ductos debemos utilizar y sus dimensiones para el cumplimiento de la normatividad en este tipo de instalaciones eléctricas.

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	2	THW 600 V	4	10,46	85,93	343,73
2	4	XHHW 600 V	0			
3	6	XHHW 600 V	0			
4	6	XHHW 600 V	0			
5	4	XHHW 600 V	0			
<b>Area Total</b>						<b>343,73 mm2</b>
Tipo de Ducto: <input type="text" value="Tuberia Metalica Electrica"/>						
Diametro: <input type="text" value="2"/> Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado				Diametro**		52,5 mm
2 "				Area Total		2164,75 mm2
<b>Max. Ocupacion</b>			<b>40,00%</b>	<b>Ocupación</b>		<b>15,88%</b>

**Figura 13** – Resultado cálculo capacidad de ductos para calibre # 2 THW  
 Fuente: Memoria de cálculos Elite Fernández Ingeniería Eléctrica y telecomunicaciones

Para el calibre # 2 podemos utilizar un ducto PVC tipo pesado con una dimensión de 2" dejando una reserva de otro ducto con las mismas características como lo exige el prestador del servicio para el departamento del Cauca.

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	1/0	THW 600 V	4	13,51	143,35	573,40
2	4	XHHW 600 V	0			
3	6	XHHW 600 V	0			
4	6	XHHW 600 V	0			
5	4	XHHW 600 V	0			
<b>Area Total</b>						<b>573,40 mm2</b>
Tipo de Ducto: <input type="text" value="Tuberia Metalica Electrica"/>						
Diametro: <input type="text" value="2"/> Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado				Diametro**		52,5 mm
3 "				Area Total		2164,75 mm2
<b>Max. Ocupacion</b>			<b>40,00%</b>	<b>Ocupación</b>		<b>26,49%</b>

**Figura 14** – Resultado cálculo capacidad de ductos para calibre # 1/0 THW  
 Fuente: Memoria de cálculos Elite Fernández Ingeniería Eléctrica y telecomunicaciones

Para el calibre # 1/0 podemos utilizar un ducto PVC tipo pesado con una dimensión de 3" dejando una reserva de otro ducto con las mismas características como lo exige el prestador del servicio para el departamento del Cauca.

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	4/0	THW 600 V	4	17,46	239,43	957,72	
2	4	XHHW 600 V	0				
3	6	XHHW 600 V	0				
4	6	XHHW 600 V	0				
5	4	XHHW 600 V	0				
						<b>Area Total</b>	<b>957,72 mm2</b>
Tipo de Ducto:				<input type="text" value=""/>			
Tuberia Metalica Electrica							
Diametro:				<input type="text" value="2"/> Pulgadas			
Diámetro mínimo recomendado				Diametro**			
3 1/2 "				52.5 mm			
						<b>Area Total</b>	<b>2164,75 mm2</b>
			<b>Max. Ocupacion</b>	<b>40,00%</b>	<b>Ocupación</b>	<b>44,24%</b>	

**Figura 15** – Resultado cálculo capacidad de ductos para calibre # 4/0 THW

Fuente: Memoria de cálculos Elite Fernández Ingeniería Eléctrica y telecomunicaciones

Para el calibre # 4/0 podemos utilizar un ducto PVC tipo pesado con una dimensión de 4" dejando una reserva de otro ducto con las mismas características como lo exige el prestador del servicio para el departamento del Cauca.

#### 4.8 CALCULO DE REGULACION Y PÉRDIDAS DE ENERGIA TENIENDO EN CUENTA LOS FACTORES DE POTENCIA.

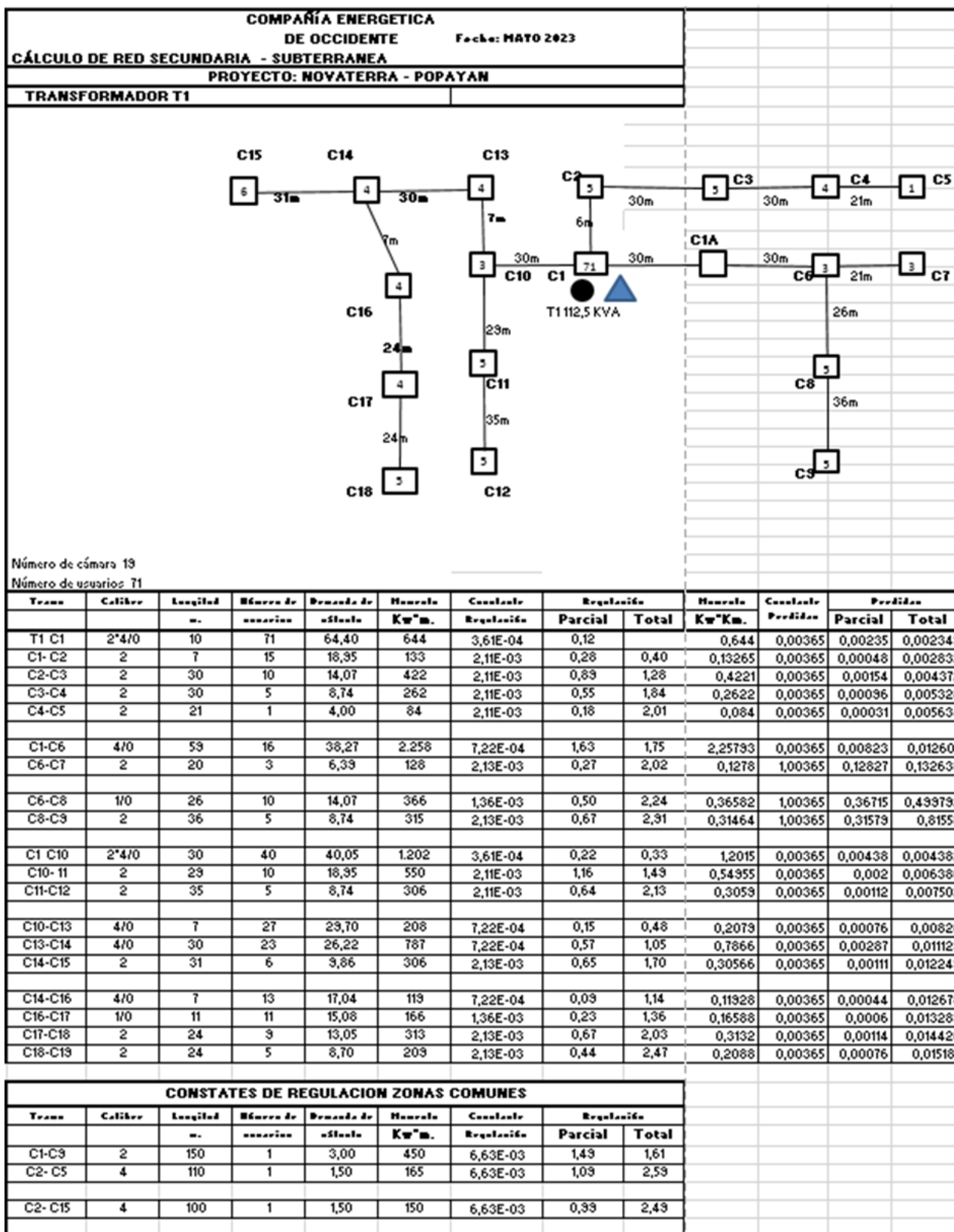
Para la realización del cálculo de la caída de tensión en los conductores a utilizar en las redes eléctricas de baja tensión se aplicará el mismo método de el momento eléctrico. Seleccionando el conductor que brinde menor caída de tensión siendo esta menor o igual a los límites establecidos.

- Zona Urbana: 3% de la tensión nominal desde el transformador de distribución  
Hasta el punto de conexión de la acometida.

- Zona Rural: 5% de la tensión nominal desde el transformador de distribución  
Hasta el punto de conexión de la acometida.

En el caso del proyecto la red es trifásica con esto podemos realizar un balance entre las tres líneas para poder obtener una carga equilibrada en cada una de ellas


La información de las constante de regulación, para cada tipo de conductor, la podemos encontrar en las tablas de la empresa Codensa teniendo en cuenta que el prestador del servicio para el departamento del Cauca no cuenta con este tipo de tablas que nos pueda suministrar la información que se requiere.



**Figura 16 – Resultado cálculo constantes de regulación en Baja tensión**  
Fuente: Memoria de cálculos Elite Fernández Ingeniería Eléctrica y telecomunicaciones



**DIVISION INGENIERÍA Y OBRAS**  
**Departamento de Normas Técnicas**

CODENSA			CONSTANTES DE REGULACION							
TIPO	APLIC	CALIBRE [AWG ó kcmil]	R equiv	XL	k de regulación	In. Subt.	Tensión servicio	Material	SISTEMA	CONDUCTOR
			[Ω/ Km]	[Ω/ Km]	[% / kVA-m]	[A]	[V]			
Conductor Monopolar THW	Red de B.T subterránea en ductos para AP	500	0,12777	0,08797	3,54416E-04	310	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		400	0,15971	0,08963	4,22537E-04	270	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		350	0,18252	0,09071	4,71071E-04	250	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		250	0,25552	0,09365	6,25904E-04	205	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		4/0	0,30190	0,09311	7,21834E-04	180	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		2/0	0,48005	0,09754	1,09890E-03	135	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		1/0	0,60527	0,10005	1,35991E-03	120	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		1	0,78326	0,10230	1,69083E-03	100	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		2	0,96252	0,10230	2,10535E-03	90	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		4	1,53048	0,10783	3,29242E-03	65	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		6	2,43381	0,11421	5,17800E-03	50	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		8	3,88873	0,12162	8,17047E-03	40	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		Conductor Monopolar THW	Red de B.T subterránea en ductos para AP	500	0,12777	0,08797	3,99308E-04	310	277	
400	0,15971			0,08963	4,76059E-04	270	277	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
350	0,18252			0,09071	5,30740E-04	250	277	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
250	0,25552			0,09365	7,05185E-04	205	277	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
4/0	0,30190			0,09311	8,13266E-04	180	277	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
2/0	0,48005			0,09754	1,23584E-03	135	277	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
1/0	0,60527			0,10005	1,53217E-03	120	277	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
1	0,78326			0,10230	1,90500E-03	100	277	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
2	0,96252			0,10230	2,37203E-03	90	277	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
4	1,53048			0,10783	3,70948E-03	65	277	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
6	2,43381			0,11421	5,83388E-03	50	277	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
8	3,88873			0,12162	9,20539E-03	40	277	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
Conductor Monopolar THW	Red de B.T subterránea en ductos para AP			500	0,12777	0,08797	6,65514E-05	310	480/277	ALUMINIO
		400	0,15971	0,08963	7,93431E-05	270	480/277	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		350	0,18252	0,09071	8,84566E-05	250	480/277	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		250	0,25552	0,09365	1,17531E-04	205	480/277	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		4/0	0,30190	0,09311	1,35544E-04	180	480/277	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		2/0	0,48005	0,09754	2,05973E-04	135	480/277	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		1/0	0,60527	0,10005	2,55361E-04	120	480/277	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		1	0,78326	0,10230	3,17500E-04	100	480/277	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		2	0,96252	0,10230	3,95339E-04	90	480/277	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		4	1,53048	0,10783	6,18243E-04	65	480/277	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		6	2,43381	0,11421	9,72313E-04	50	480/277	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		8	3,88873	0,12162	1,53423E-03	40	480/277	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		Conductor Monopolar THW	Red de B.T subterránea en ductos para AP	500	0,12777	0,08797	1,06187E-04	310	380/220	ALUMINIO
400	0,15971			0,08963	1,26597E-04	270	380/220	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
350	0,18252			0,09071	1,41139E-04	250	380/220	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
250	0,25552			0,09365	1,87529E-04	205	380/220	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
4/0	0,30190			0,09311	2,16270E-04	180	380/220	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
2/0	0,48005			0,09754	3,28644E-04	135	380/220	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
1/0	0,60527			0,10005	4,07446E-04	120	380/220	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
1	0,78326			0,10230	5,06592E-04	100	380/220	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
2	0,96252			0,10230	6,30790E-04	90	380/220	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
4	1,53048			0,10783	9,86449E-04	65	380/220	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
6	2,43381			0,11421	1,55139E-03	50	380/220	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
8	3,88873			0,12162	2,44797E-03	40	380/220	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
Conductor Monopolar THW	Red de B.T subterránea en ductos para AP			500	0,12777	0,08797	6,37123E-04	310	220	ALUMINIO
		400	0,15971	0,08963	7,59584E-04	270	220	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
		350	0,18252	0,09071	8,46831E-04	250	220	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
		250	0,25552	0,09365	1,12517E-03	205	220	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
		4/0	0,30190	0,09311	1,29762E-03	180	220	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
		2/0	0,48005	0,09754	1,97186E-03	135	220	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
		1/0	0,60527	0,10005	2,44488E-03	120	220	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
		1	0,78326	0,10230	3,03955E-03	100	220	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
		2	0,96252	0,10230	3,78474E-03	90	220	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
		4	1,53048	0,10783	5,91869E-03	65	220	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
		6	2,43381	0,11421	9,30835E-03	50	220	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
		8	3,88873	0,12162	1,46878E-02	40	220	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	

CONDICIONES:  
Frecuencia: 60 Hz  
Temperatura: 45°C (Cable de acometidas, Red de BT subterránea), 25°C (cable red trenzada)

Tabla 13 – Constantes de regulación para baja tensión subterránea.  
Fuente: Memoria de cálculos Empresa Codensa

**CABLES SELECCIONADOS REGULACIÓN BAJA TENSION**

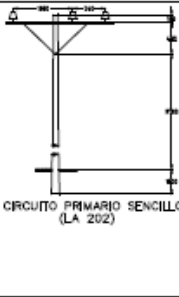
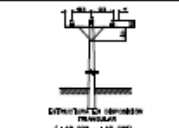
CODENSA		CONSTANTES DE REGULACIÓN								
TIPO	APLIC	CALIBRE	R equiv	XL	k de regulación	In, Subt.	Tensión servicio	Material	SISTEMA	CONDUCTOR
		[AWG ó kcmil]	[Ω/ Km]	[Ω/ Km]	[% / kVA-m]	[A]	[V]			
Conductor Monopolar THW	Red de B.T subterránea en ductos para AP	500	0,12777	0,08797	3,54416E-04	310	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		400	0,15971	0,08983	4,22537E-04	270	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		350	0,18252	0,09071	4,71071E-04	250	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		250	0,25552	0,09365	6,25904E-04	205	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		4/0	0,30190	0,09311	7,21834E-04	180	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		2/0	0,48005	0,09754	1,09690E-03	135	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		1/0	0,80527	0,10005	1,35991E-03	120	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		1	0,76326	0,10230	1,69083E-03	100	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		2	0,96252	0,10230	2,10535E-03	90	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		4	1,53048	0,10783	3,29242E-03	65	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
6	2,43381	0,11421	5,17800E-03	50	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos			
8	3,88873	0,12162	8,17047E-03	40	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos			

Figura 17 – Cables seleccionados regulación baja tensión.

**CALCULOS DE REGULACION MEDIA TENSION**

CONSTANTES DE REGULACION MEDIA TENSION								
Tramo	Calibre	Longitud	Número de	Demanda de	Momento	Constante	Regulación	
		m.	usuarios	cálculo	Kw*m.	Regulación	Parcial	Total
Arra-P1 Trans	1/0	100	1	112,50	113	4,53E-07	0,00	0,00

Figura 18 – Resultado cálculos constante de regulación en Media tensión.

CODENSA										CONSTANTES DE REGULACIÓN		
TIPO	APLIC	CALIBRE [AWG ó kcmil]	Resistencia	XL [Ω/ Km]	k de regulación [% / kVA-m]	In, Subt. [A]	Tensión servicio [V]	Material	SISTEMA			
			25 °C máx. fase [Ω/ Km]									
Conductor monopolar en aluminio (ACSR)	Red de M.T aérea	DISPOSICIÓN HORIZONTAL LA 202									 <p>CIRCUITO PRIMARIO SENCILLO (LA 202)</p>	
		266,8	0,218	0,5680	3,4080981E-07	460	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		4/0	0,274	0,6331	4,0227282E-07	340	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		2/0	0,436	0,6685	5,2636220E-07	270	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		1/0	0,549	0,6783	6,0794363E-07	230	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		2	0,874	0,6835	8,3453776E-07	180	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		266,8	0,218	0,5680	2,5404988E-07	460	13200	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		4/0	0,274	0,6331	3,0004233E-07	340	13200	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		2/0	0,436	0,6685	3,9259660E-07	270	13200	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		1/0	0,549	0,6783	4,5344556E-07	230	13200	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		2	0,874	0,6835	6,2245482E-07	180	13200	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		DISPOSICIÓN TRIANGULAR LAR 202, 205										 <p>DISPOSICIÓN TRIANGULAR (LAR 202 - LAR 205)</p>
		266,8	0,218	0,4036	2,1342970E-07	460	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		4/0	0,274	0,4707	2,5942214E-07	340	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
	2/0	0,436	0,5061	3,5197642E-07	270	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos				
	1/0	0,549	0,5180	4,1282537E-07	230	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos				
	2	0,874	0,5211	5,8183463E-07	180	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos				

CONDICIONES:  
 Frecuencia: 60 Hz  
 Temperatura: 45°C (Cable de acometidas, Red de BT subterránea), 25°C (cable red trenzada, aéreo)

Tabla 14 – Constantes de regulación para baja Media tensión aérea 13.2  
 Fuente: Memoria de cálculos Empresa codensa

### CABLES SELECCIONADOS REGULACIÓN MEDIA TENSION

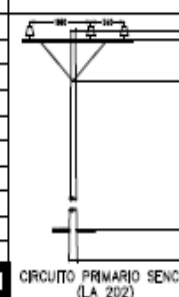
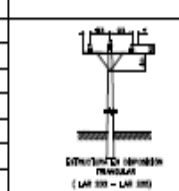
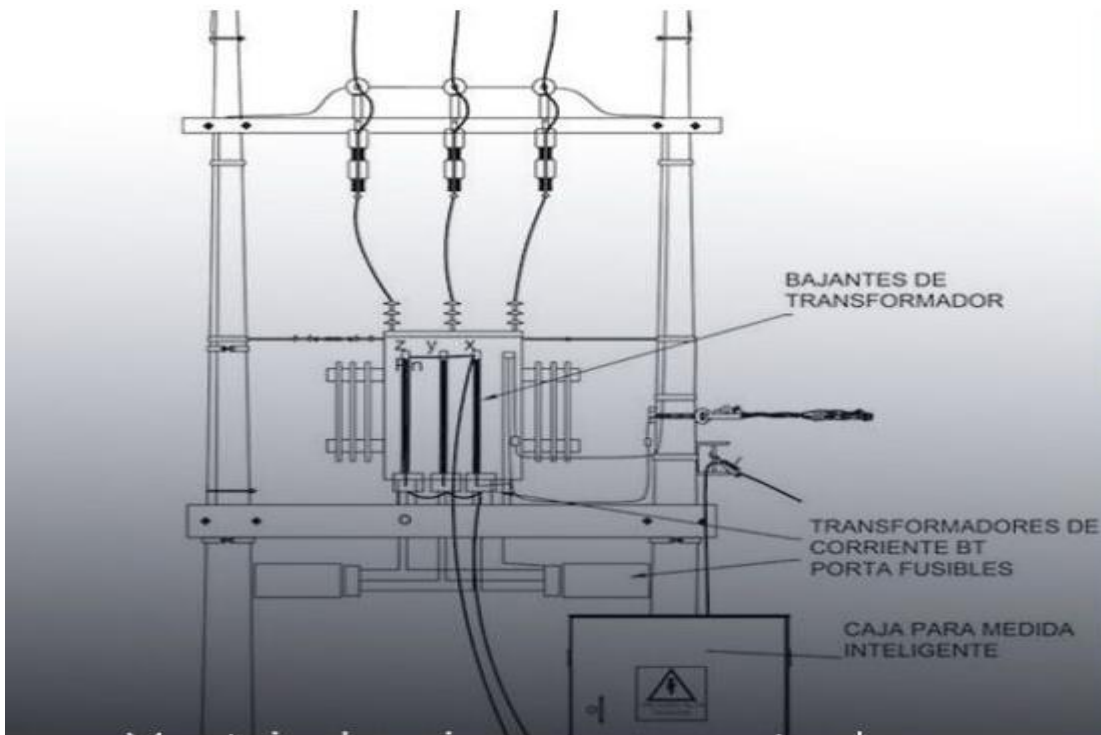
CODENSA										CONSTANTES DE REGULACIÓN		
TIPO	APLIC	CALIBRE [AWG ó kcmil]	Resistencia	XL [Ω/ Km]	k de regulación [% / kVA-m]	In, Subt. [A]	Tensión servicio [V]	Material	SISTEMA			
			25 °C máx. fase [Ω/ Km]									
Conductor monopolar en aluminio (ACSR)	Red de M.T aérea	DISPOSICIÓN HORIZONTAL LA 202									 <p>CIRCUITO PRIMARIO SENCILLO (LA 202)</p>	
		266,8	0,218	0,5680	3,4080981E-07	460	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		4/0	0,274	0,6331	4,0227282E-07	340	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		2/0	0,436	0,6685	5,2636220E-07	270	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		1/0	0,549	0,6783	6,0794363E-07	230	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		2	0,874	0,6835	8,3453776E-07	180	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		266,8	0,218	0,5680	2,5404988E-07	460	13200	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		4/0	0,274	0,6331	3,0004233E-07	340	13200	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		2/0	0,436	0,6685	3,9259660E-07	270	13200	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		1/0	0,549	0,6783	4,5344556E-07	230	13200	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		2	0,874	0,6835	6,2245482E-07	180	13200	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		DISPOSICIÓN TRIANGULAR LAR 202, 205										 <p>DISPOSICIÓN TRIANGULAR (LAR 202 - LAR 205)</p>
		266,8	0,218	0,4036	2,1342970E-07	460	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
		4/0	0,274	0,4707	2,5942214E-07	340	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos			
	2/0	0,436	0,5061	3,5197642E-07	270	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos				
	1/0	0,549	0,5180	4,1282537E-07	230	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos				
	2	0,874	0,5211	5,8183463E-07	180	11400	ALUMINIO	3φ, 3 hilos				

Figura 19 – Cables seleccionados regulación en Media tensión.

**Detalle de montaje de transformador en una estructura H**



**Figura 20 – Detalle montaje transformador en una estructura H. Detalle de armado red de baja tensiona cajas subterráneas.**



**Figura 21 – Detalle armado red de baja tensión cajas subterráneas.**

## **5.0 VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA EL TIEMPO DE DISPARO DE LOS INTERRUPTORES, LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DE LA RED Y LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CONDUCTOR DE ACUERDO CON LA NORMA IEC 60909, IEEE 242, CAPÍTULO 9 O EQUIVALENTE.**

De acuerdo con la normatividad del OR, en este caso del prestador de servicio Compañía Energética de Occidente el calibre mínimo del conductor para derivaciones aéreas en MT es ACSR 1/0 AWG, a menos que la carga sea dedicada y la derivación no tenga probabilidad de expansión para cargas futuras se permite calibre 1/0 AWG. Bajo el cumplimiento de esta norma, para la red de MT se selecciona conductor ACSR calibre 1/0 AWG La Red de Media tensión. Debido a que la carga a instalar es pequeña, la distancia al punto de conexión es extensas, es necesario realizar un comparativo con un conductor de calibre mayor. Las redes de BT deberán ser construidas con cable en aluminio serie 8000 capa antihumedad # 4/0, 1/0 y 2 como lo indican las memorias de cálculo debido a requerimiento de la carga estipulada para el proyecto.

Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.

Con el software LSPS, se verificaron los conductores con las corrientes de cortocircuito de la red, de cada ramal con su respectiva protección. Al hacer la verificación se puede ver que los conductores seleccionados para la acometida son los adecuados.

Para realizar la verificación de los conductores, dispositivos de maniobra y protección al cortocircuito, se va a utilizar la corriente de cortocircuito calculada.

La regla por cumplir es:  $\sqrt{t} \geq k \times (S/I)$ .

Dónde:

t = Tiempo de desconexión en segundos (valido entre 0,1s y 5s).

S = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>

I = Corriente de cortocircuito en Amperios, expresada en valor eficaz.

k = factor que toma en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura y la capacidad térmica volumétrica del conductor, y las temperaturas inicial y final del mismo.

Tabla 771.19.II – Valores de  $k$  para los conductores de línea

$k$							
Aislación de los conductores	PVC $\leq$ 300 mm <sup>2</sup>	PVC $>$ 300 mm <sup>2</sup>	EPR / XLPE	Goma 60 °C	Mineral		
					PVC	Desnudo	
Temperatura inicial °C	70	70	90	60	70	105	
Temperatura final °C	160	140	250	200	160	250	
Material conductor	Cobre	115	103	143	141	115	135 / 115 <sup>a</sup>
	Aluminio	76	68	94	93	--	93
	Uniones estañadas en conductor de cobre	115	--	--	--	--	--

<sup>a</sup> Este valor debe ser empleado para cables desnudos expuestos al contacto

Tabla 15 – Valores para conductores en línea.

Nota: Para el caso de los interruptores termo magnéticos según norma IEC 60898, se puede observar de las curvas características que el valor del tiempo  $t$  de desconexión para cortocircuitos es de 0,10 segundos.

De la cual despejamos la sección "S", quedando:  $S \geq (I/k) \times \sqrt{t}$

Además, los conductores fueron seleccionados de acuerdo a la corriente nominal de la carga.

De acuerdo a lo anterior, el proyecto Cantabria, cumple con la verificación de conductores.

## 5.1 CLASIFICACION DE AREAS.

Proyecto urbanización Novaterra ubicado en el Noroccidente del municipio de Popayán la Obra Eléctrica es no contempla áreas clasificadas debido a que las redes eléctricas a instalar solo se realizar en viviendas unifamiliares en las cuales no se cuentan como áreas clasificadas o de alto riesgo.

## 5.2 REALIZACION DE DIAGRAMAS UNIFILARES.

Los diagramas unifilares tanto de las redes en Media, baja tensión, transformación y los de cada área se encuentran representados en los planos adjuntos al proyecto, en donde se describe todas y cada una de las especificaciones técnicas exigidas para este tipo de instalaciones eléctricas.

Se adjunta la imagen del diagrama unifilar.

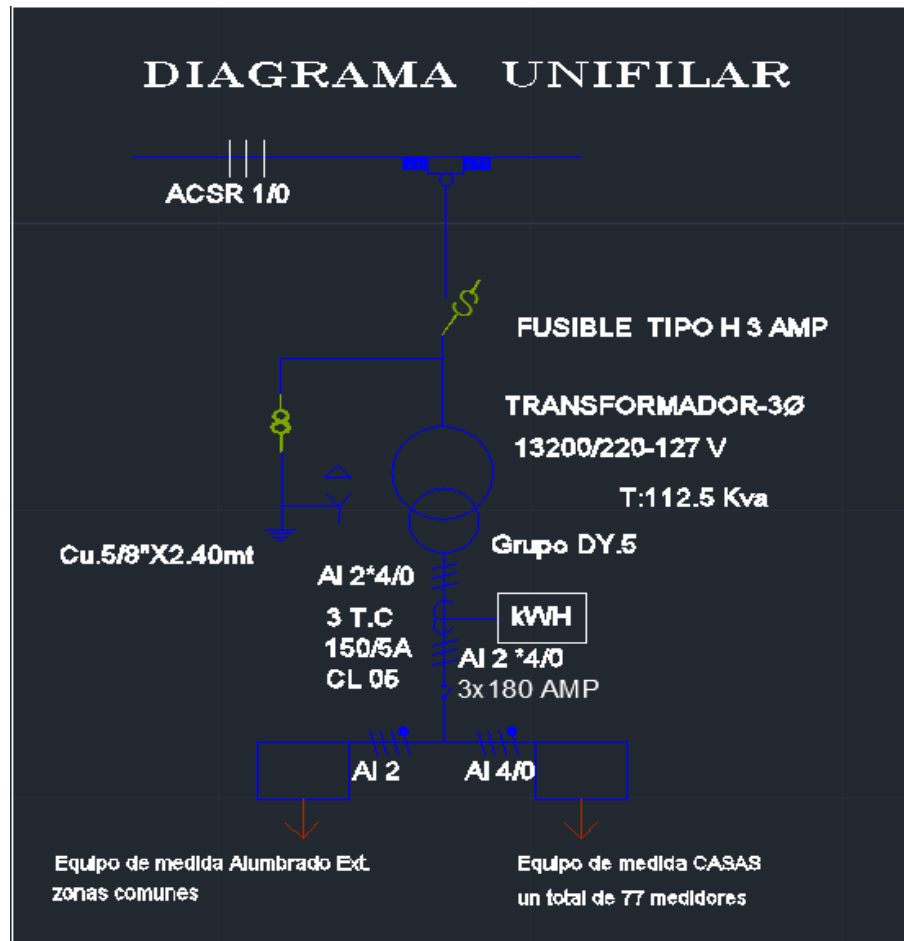


Figura 22 – Detalle diagrama unifilar del proyecto

### 5.3 REALIZACION DE PLANOS Y ESQUEMAS ELECTRICOS PARA LA CONSTRUCCION.

Se Indica dentro de los planos presentados su localización geográfica, localización general, planta de la subestación (si aplica), diagrama unifilar, convenciones, notas aclaratorias, resumen del proyecto, rotulo corporativo. Se diferencia claramente la red existente y la red proyectada mediante la simbología que especifica cada uno de los contenidos plasmados en los diseños realizados de los que se da total claridad en los planos adjuntos al proyecto y la memoria de cálculo del mismo.

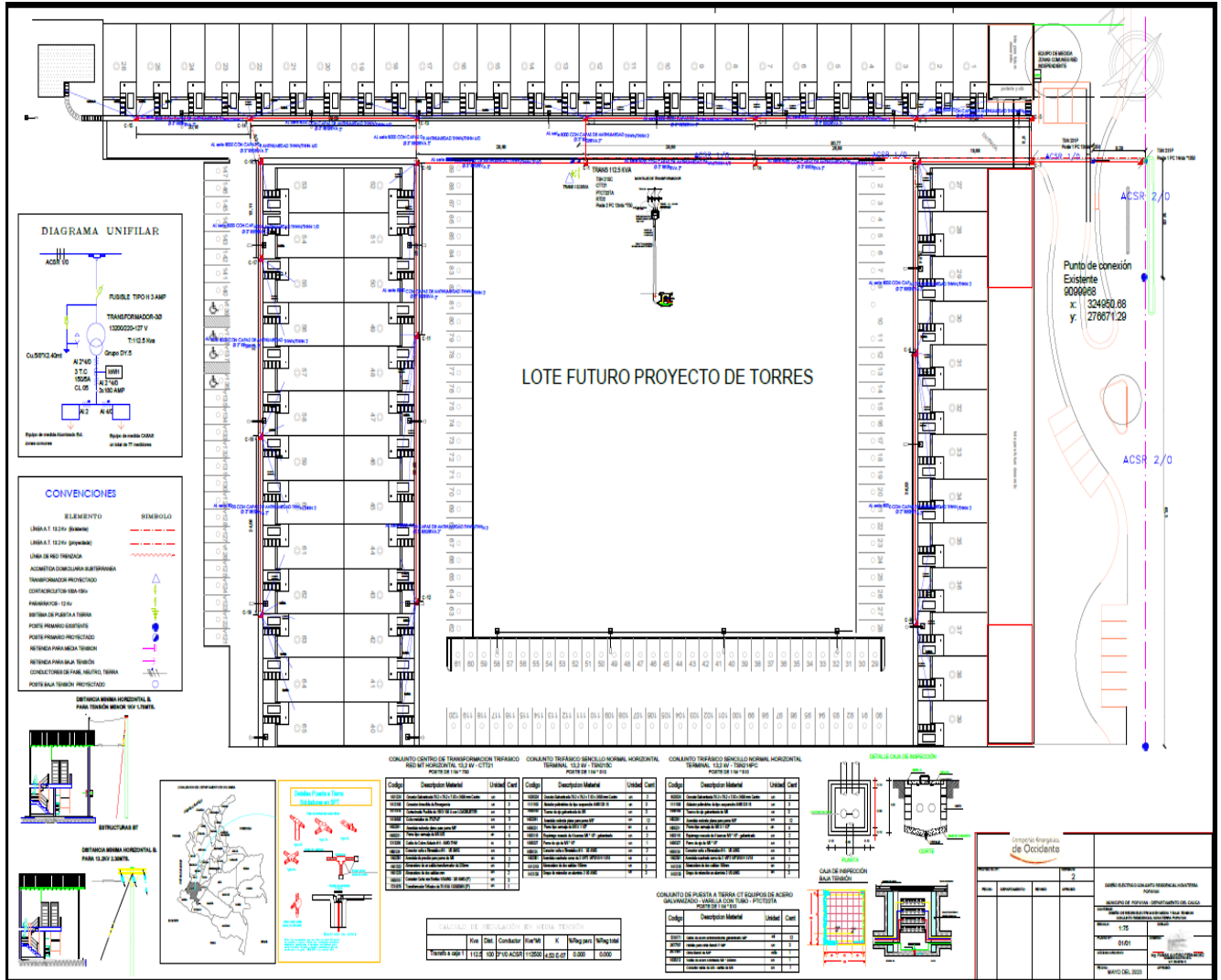


Figura 23 – Detalle plano diseño eléctrico del proyecto

### 5.4 ESTABLECER DISTANCIAS DE SEGURIDAD REQUERIDAS.

Garantizar que las instalaciones proyectadas cumplen con las distancias de seguridad solicitadas por el RETIE en el capítulo 13 de acuerdo al tipo de proyecto en los planos anexos se especifica cada una de esas distancias todo bajo el cumplimiento de la norma.

Para dar cumplimiento a la norma referente al diseño de redes de distribución es estrictamente necesario cumplir con las distancias de seguridades establecidas en el RETIE para cada uno de los casos que se puedan presentar dentro del alcance del diseño.

Todas las distancias de seguridad se deben medir desde las superficies de los conductores o elementos energizados y se deberá cumplir estas distancias tanto vertical como horizontalmente. Las distancias de seguridad se encuentran establecidas en el RETIE y en la NTC 2050.

A continuación, se presentan los cuadros y tablas donde establecen estas distancias.



### Distancias de seguridad en zonas con edificaciones

En zonas con edificaciones las distancias mínimas de seguridad se presentan en la Tabla para una mejor interpretación de estas distancias se presenta en la Figura.

En presencia de partes energizadas, siempre se debe guardar una distancia de seguridad teniendo en cuenta el riesgo eléctrico que existe. A continuación, se presentan aquellas que define RETIE.

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES		
Descripción	Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia (m)
Distancia vertical "a" sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Figura 13.1).	44/34,5/33	3,8
	13,8/13,2/11,4/7,6	3,8
	<1	0,45
Distancia horizontal "b" a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Figura 13.1)	66/57,5	2,5
	44/34,5/33	2,3
	13,8/13,2/11,4/7,6	2,3
Distancia vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura. (Figura 13.1)	44/34,5/33	4,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	4,1
	<1	3,5
Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 13.1) para vehículos de más de 2,45 m de altura.	115/110	6,1
	66/57,5	5,8
	44/34,5/33	5,6
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,6
	<1	5

Tabla 16 – Valores distancias de seguridad mínimas en zonas de construcciones

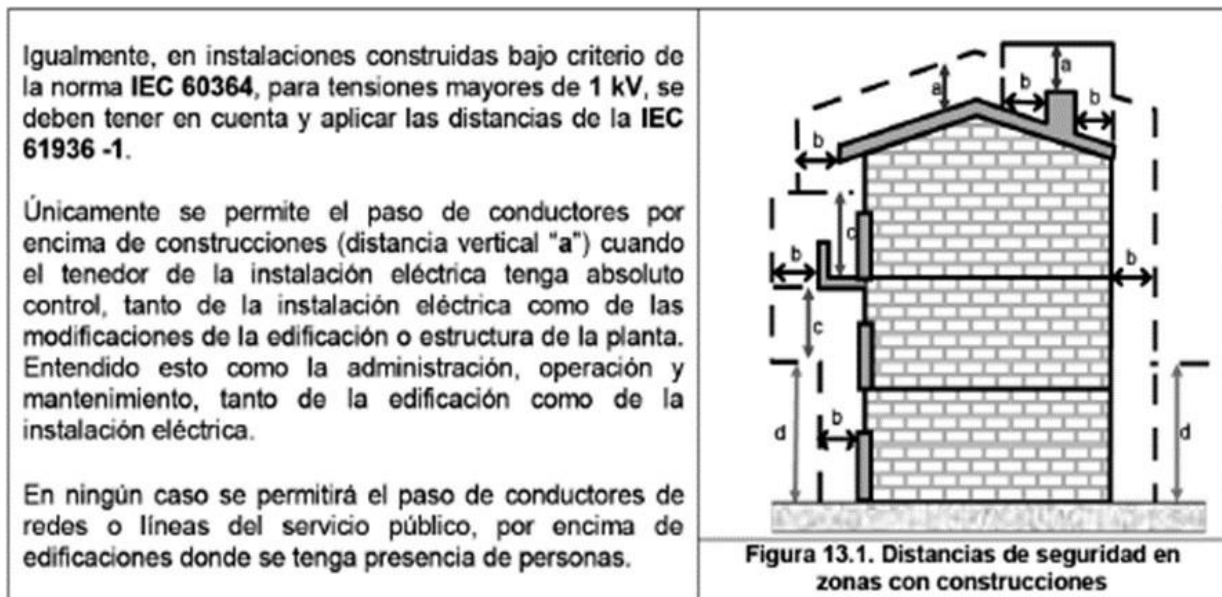


Figura 24 – Distancias de seguridad en zonas de construcciones

Tensión nominal del sistema (fase - fase)	Limite de aproximación seguro (m)		Limite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios.	Limite de aproximación técnica (m)
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
50 V - 300 V	3,0	1,0	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V - 750 V	3,0	1,0	0,30	0,025
751 V - 15 kV	3,0	1,5	0,7	0,2
15,1 kV - 36 kV	3,0	1,8	0,8	0,3
36,1 kV - 46 kV	3,0	2,5	0,8	0,4
46,1 kV - 72,5 kV	3,0	2,5	1,0	0,7
72,6 kV - 121 kV	3,3	2,5	1,0	0,8
138 kV - 145 kV	3,4	3,0	1,2	1,0
161 kV - 169 kV	3,6	3,6	1,3	1,1
230 kV - 242 kV	4,0	4,0	1,7	1,6
345 kV - 362 kV	4,7	4,7	2,8	2,6
500 kV - 550 kV	5,8	5,8	3,6	3,5

Tensión nominal	Limite de aproximación seguro [m]		Limite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios.	Limite de aproximación técnica (m)
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
100 V - 300 V	3,0 m	1,0 m	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V - 1 kV	3,0 m	1,0 m	0,3 m	25 mm
1,1 kV - 5 kV	3,0 m	1,5 m	0,5 m	0,1 m
5,1 kV - 15 kV	3,0 m	1,5 m	0,7 m	0,2 m
15,1 kV - 45 kV	3,0 m	2,5 m	0,8 m	0,4 m
45,1 kV - 75 kV	3,0 m	2,5 m	1,0 m	0,7 m
75,1 kV - 150 kV	3,3 m	3,0 m	1,2 m	1,0 m
150,1 kV - 250 kV	3,6 m	3,6 m	1,6 m	1,5 m
250,1 kV - 500 kV	6,0 m	6,0 m	3,5 m	3,3 m
500,1 kV - 800 kV	8,0 m	8,0 m	5,0 m	5,0 m

Tabla 17 – Distancias mínimas para prevención de riesgo por arco eléctrico.

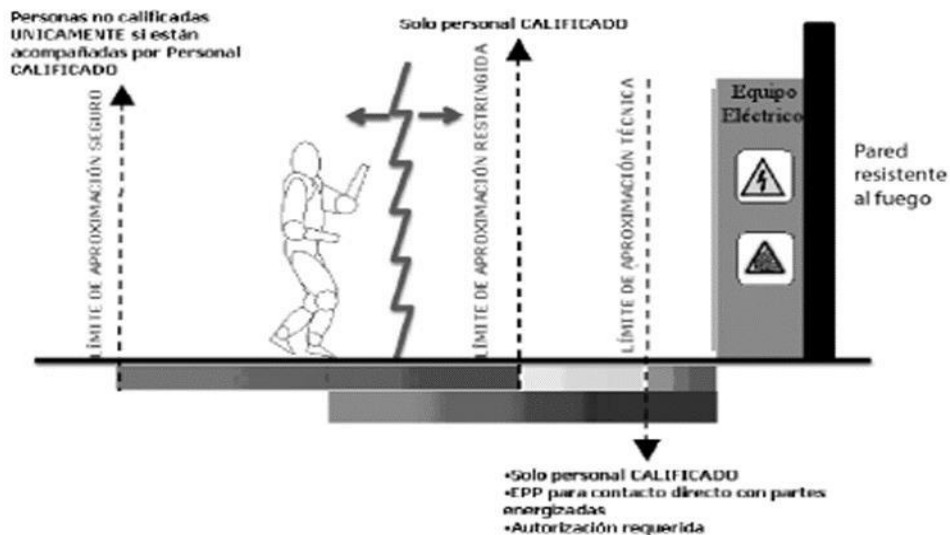
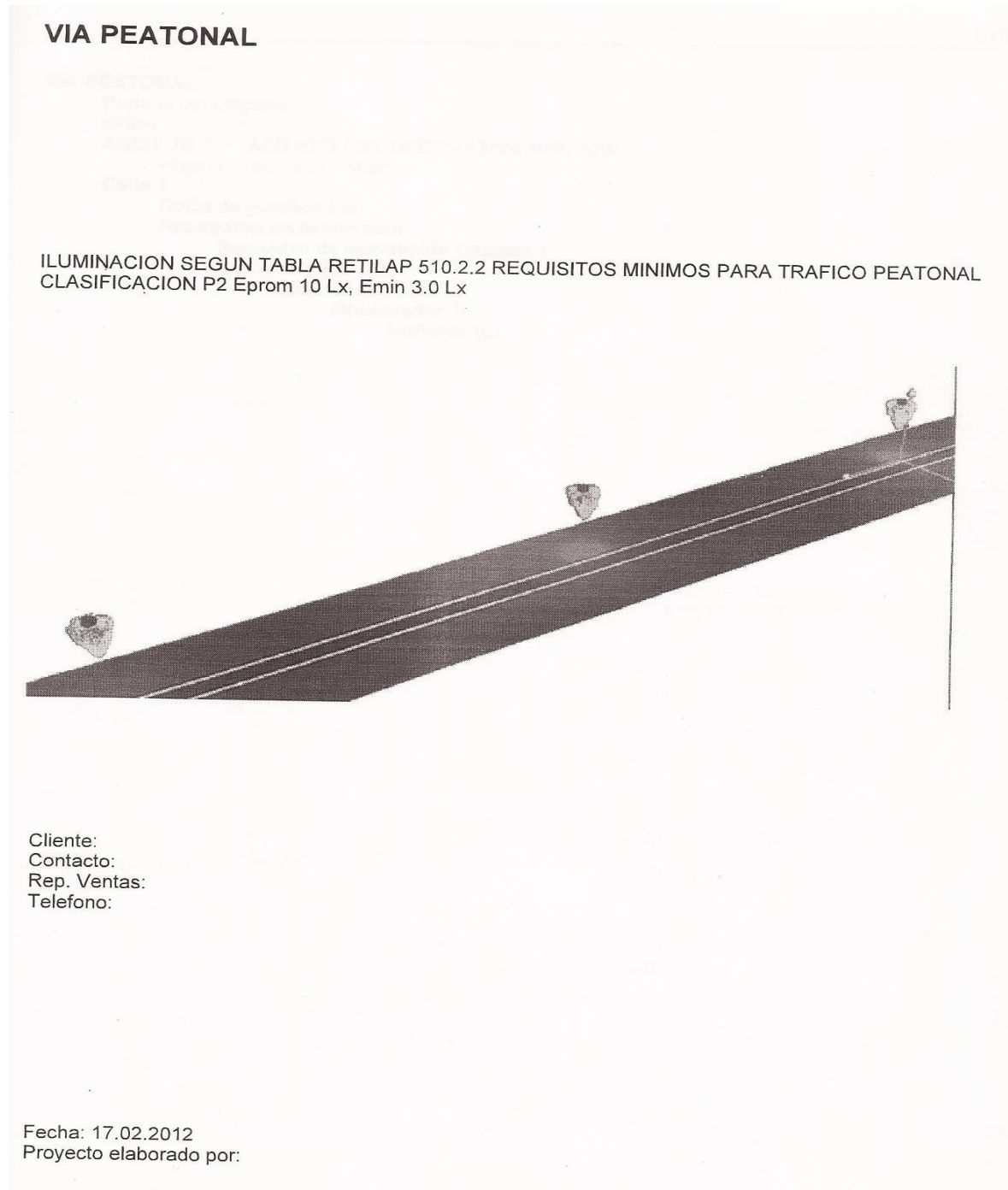


Figura 25 – Límites de aproximación a partes energizadas de equipos.

Siempre es necesario seguir normas de seguridad como el simple alejamiento puesto que esto puede asegurar la vida y salud de las personas que se encuentren expuestas.

## 5.5 ALAUMBRADO EXTERIOR

El alumbrado perteneciente Conjunto Residencial Novaterra tendrá una red independiente por transformador asignado la justificación se encuentra en los cálculos de regulación de baja tensión sección zonas comunes y alumbrado exterior.



**Figura 26 – iluminación según tabla retilap 510.2.2**

VIA PEATONAL

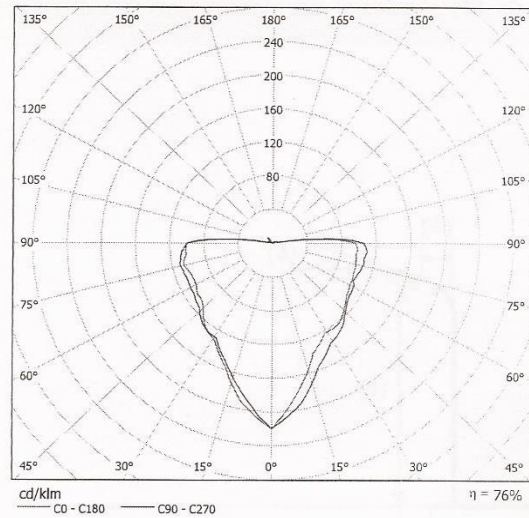
17.02.2012

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

ANDILUM S.A. ALD HPS 70W DECORATIVA HPS 70W / Hoja de datos de luminarias

Dispones de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

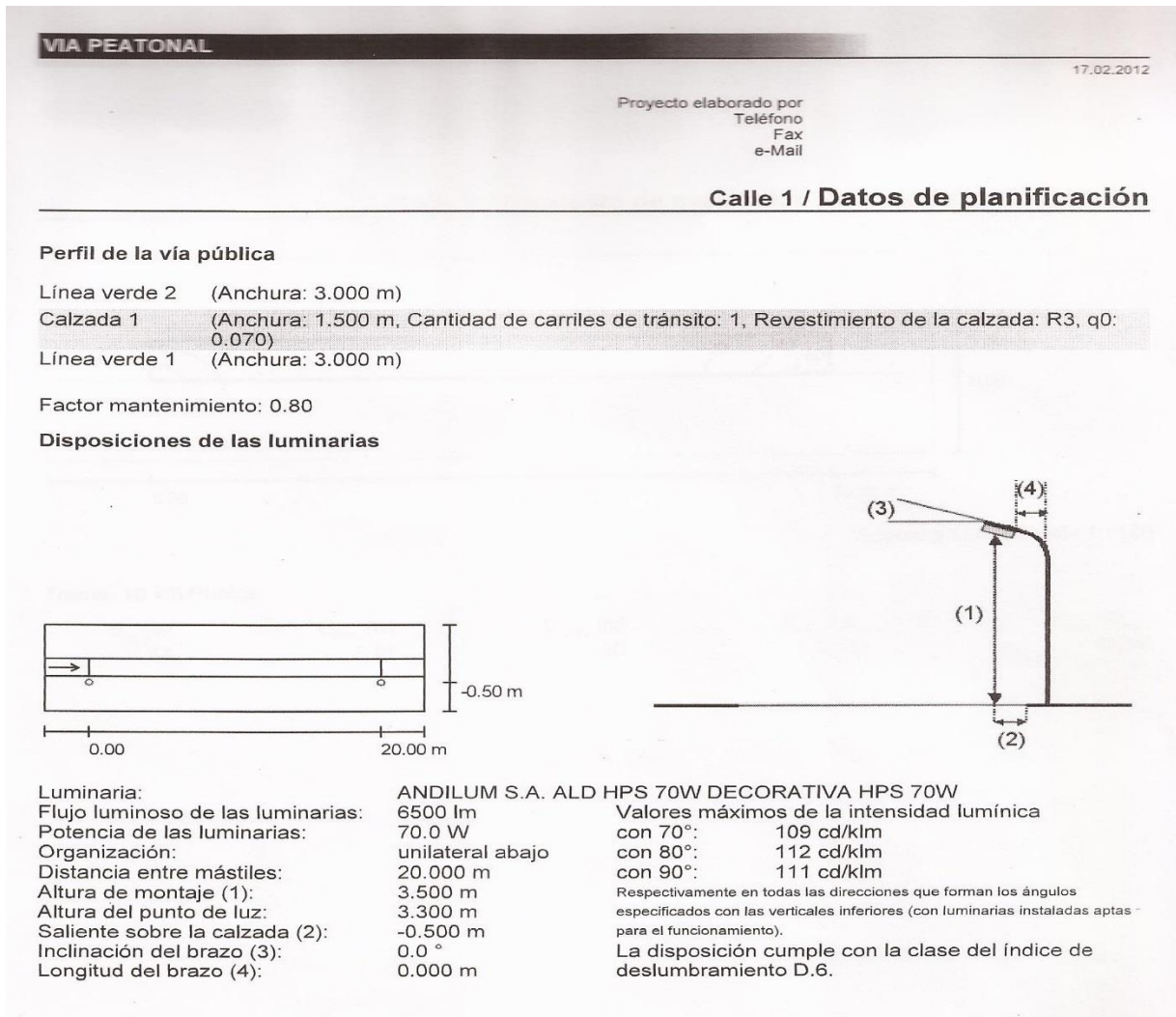
Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 91  
Código CIE Flux: 32 55 78 91 76

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Figura 27 – Detalle de luminarias a utilizar



**Figura 28 – Detalle de postes para luminarias a utilizar.**

## 6.0 Conclusiones y recomendaciones

- La presentación del trabajo de grado abordando en este tema específico ha permitió elaborar la metodología adecuada para la realización de proyectos eléctricos haciendo referencia principalmente a la elaboración de diseños eléctricos de conjunto residenciales dejando una base sólida para el desarrollo de este tipo de proyectos.
- Se deben seguir paso a paso los requerimientos y especificaciones técnicas para la realización de las instalaciones eléctricas del proyecto tomando como referencias las normas técnicas u exigencias existentes para este tipo de instalaciones eléctricas.
- El trabajo presentado brinda la posibilidad de tener los conocimientos necesarios para el desarrollo de este tipo de proyectos abriendo la posibilidad de ejercer como profesionales de una manera competitiva y ética aportando de la mejor manera a la comunidad.
- Se recomienda seguir el proceso adecuado al momento de realizar los diseños y las instalaciones eléctricas del proyecto teniendo siempre como principio a seguir el cumplimiento estricto de las normas para este tipo de proyectos.
- El proyecto presentado conto con la tutoría, acompañamiento y revisión del Ingeniero Electricista Fabián Alveiro Fernández con matrícula profesional CN 205-50765 que actúa como generen de la Empresa Elite Fernández, en este momento está bajo se presentó al ente de servicio está en trámite en aceptación por ente prestador del servicio para el departamento del cauca en este caso la Compañía energética de Occidente.
- se realizó todos y cada uno de los cálculos necesarios para el proyecto, obteniendo el resultado esperado, que es tener como propósito el cumplimiento de los parámetros exigidos por la norma para este tipo de proyectos

## 7.0 Bibliografía.

- [1] Ministerio de minas y energía. (2013). RETIE (reglamento de instalaciones eléctricas). Colombia
- [2] NTC 4552, Evaluación Del Nivel De Riesgo - Norma Técnica Colombiana. I. S. Jacobs and C. P. Bean, "Fine
- [3] Instituto de ingenieros eléctrico y electrónico (2001) IEEE 242.internacional
- [4] Ministerio de minas y energía. (2010). RETILAP (reglamento técnico de iluminación y alumbrado público). Colombia.
- [5] Manual teórico-práctico. Instalaciones en Baja Tensión. Grupo Schneider.
- [6] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y. ICONTEC NTC 2050. [pdf.] Norma Técnica Colombiana Métodos y Materiales de las instalaciones: En capítulos:2,
- [7] <https://www.enel.com.co/content/dam/enel->
- [8] <https://www.ceoesp.com.co/>
- [9] Instituto colombiano de normas técnicas y certificación. (2008). NTC – 4552(norma técnica
- [10] colombiana artículo de las protecciones contra descargas atmosféricas parte 1).Colombia.
- [11] Guía de potencia (2011) Legrand. Colombia

**Anexos .**

**- Presupuestos de obra en media tension.**



CONJUNTO RESIDENCIAL NOVATERRA				
PRESUPUESTO REDES DE MEDIA TENSION Y TRANSFORMADOR 1RA FASE				
DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	VAL UNI.	VALOR TOTAL
Poste de concreto de 12 mts * 750 Kg	UNIDAD	3	\$ 1.600.000	\$ 4.800.000
Poste de concreto de 14 mts * 1050 Kg	UNIDAD	1	\$ 3.110.000	\$ 3.110.000
Cruceta autoportada 76.2X76.2X7.94X2.400 mm	UNIDAD	2	\$ 300.000	\$ 600.000
Cruceta tipo bandera 76.2X76.2X7.94X2.3000 mm	UNIDAD	6	\$ 300.000	\$ 1.800.000
Diagonal angular 50,8*50,8*4,76*3000mm	UNIDAD	6	\$ 91.800	\$ 550.800
Perno ojo dos tuercas 5/8"x1 1/2"	UNIDAD	6	\$ 9.250	\$ 55.500
Perno carruaje dos tuercas 5/8"x1 1/2"	UNIDAD	8	\$ 8.500	\$ 68.000
Cortacircuitos 15 KV, 100A. Gancho para loadbuster	UNIDAD	6	\$ 220.000	\$ 1.320.000
Pararrayos 15 KV	UNIDAD	3	\$ 198.000	\$ 594.000
fusible 4 amp	UNIDAD	3	\$ 6.750	\$ 20.250
Cubos galvanizados 3"x3"x3"	UNIDAD	3	\$ 24.300	\$ 72.900
Collarín Dos Salidas 180 mm.	UNIDAD	4	\$ 43.500	\$ 174.000
Collarín una Salida 180 mm., Transformador	UNIDAD	2	\$ 55.800	\$ 111.600
Arandela redonda Plana perno 5/8"	UNIDAD	25	\$ 850	\$ 21.250
Cable cobre aislado # 4 AWG, THW	mts	20	\$ 18.500	\$ 370.000
Conector cuña con estribo 1/0 - 2/0 AWG	UNIDAD	3	\$ 38.400	\$ 115.200
Cable ACSR 1/0 AWG	mts	130	\$ 6.000	\$ 780.000
Conector amovible emergencia	UNIDAD	6	\$ 25.300	\$ 151.800
Transformador trifásico 112,5	UNIDAD	1	\$ 16.500.000	\$ 16.500.000
Alambre galvanizado # 12 para entice	Klg	3	\$ 9.000	\$ 27.000
Aislador line post completo	UNIDAD	6	\$ 104.000	\$ 624.000
Grapa retención en aluminio pistola	UNIDAD	6	\$ 58.000	\$ 348.000
Aislador polimérico tipo suspensión ANSI DS15	UNIDAD	6	\$ 51.600	\$ 309.600
Tuerca de ojo acero galvanizado 5/8"	UNIDAD	24	\$ 16.650	\$ 399.600
Espárrago 5/8"x12", galvanizado	UNIDAD	12	\$ 12.000	\$ 144.000
Perno ojo dos tuercas 5/8"x12"	UNIDAD	2	\$ 10.800	\$ 21.600
Arandela cuadrada curva 2 1/4"x2 1/4"x3/16" H 11/16"	UNIDAD	4	\$ 2.300	\$ 9.200
Conector cuña tipo presión 1/0 - 2/0 AWG	UNIDAD	2	\$ 19.500	\$ 39.000
Varilla de acero cobrizada 5/8" x 2400 mm	UNIDAD	1	\$ 80.000	\$ 80.000
Cable extra resistente 3/8 AWG	mts	18	\$ 5.900	\$ 106.200
varilla de anclaje 2,45	UNIDAD	1	\$ 45.000	\$ 45.000
Aislador tipo tensor de 4*5	UNIDAD	2	\$ 18.000	\$ 36.000
Guarada cabo	UNIDAD	1	\$ 3.000	\$ 3.000
Grapa prensora 3 pernos	UNIDAD	4	\$ 18.000	\$ 72.000
Arandela 4*4	UNIDAD	8	\$ 8.500	\$ 68.000
Zapata de concreto 40x40x15 cms	UNIDAD	1	\$ 17.500	\$ 17.500
Arandela a presión para perno de 5/8	UNIDAD	6	\$ 8.800	\$ 52.800
Conector PAT cable 3/8" - varilla 5/8"	UNIDAD	1	\$ 37.800	\$ 37.800
Tubo galvanizado 1/2" x 3 mts	UNIDAD	1	\$ 31.700	\$ 31.700
<b>TOTAL MATERIALES MEDIA TENSION</b>				<b>\$ 33.687.300</b>

<b>MANO OBRA RED SECUNDARIA M. T.</b>				
<b>POSTES Y ESTRUCTURAS:</b>				
Apertura de Huecos para Poste 12 Mts	UNI	4	200.000	800.000
Hincada y Plomada de Poste de 12 Mts	UNI	4	150.000	600.000
Instalación herrajes para red Media Tension	UNI	4	200.000	800.000
Anclaje (Pie) Media tension	UNI	4	90.000	360.000
Instalación puesta tierra	UNI	1	150.000	150.000
Instalación de Transformador	UNI	1	450.000	450.000
				<b>3.160.000</b>
<b>CONEXIÓN LINEA VIVA PROCESOS CEO</b>				
Instalacion red linea viva GRUA	UNI	1	4.500.000	\$ 4.500.000
Visita de revion CEOvision	UNI	1	750.000	\$ 750.000
Certificado retie	UNI	1	5.000.000	\$ 5.000.000
				<b>\$ 10.250.000</b>
<b>TRANSPORTE MEDIA TENSIÓN:</b>				
Transporte Poste Concreto de 9 Mts	UNI	4	350.000	350.000
Transporte Herrajes, Conductores.	global	1	150.000	150.000
				<b>500.000</b>
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA Y MATERIALES</b>				
				<b>47.597.300</b>