



**Diseño detallado de las instalaciones de uso final en baja tensión del bloque dos de la  
Universidad Antonio Nariño sede sur, Bogotá.**

**Juan David Calderón Gutiérrez**

Código 21131528189

**Leidy Jhoana Villarruel Tintinago**

Código 11131315527

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Electromecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá D.C, Colombia

2021

**Diseño detallado de las instalaciones de uso final en baja tensión del bloque dos de la  
Universidad Antonio Nariño sede sur, Bogotá.**

**Juan David Calderón Gutiérrez**

Código 21131528189

**Leidy Jhoana Villarruel Tintinago**

Código 11131315527

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Electromecánico**

Director:

Ph.D., Nicolas Giraldo Peralta

Línea de Investigación:

Semillero de Eficiencia Energética

Grupo de Investigación:

REM (Research On Energy And Materials)

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Electromecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá, Colombia

2021

**NOTA DE ACEPTACIÓN.**

El trabajo de grado titulado:  
Diseño detallado de las instalaciones de uso final en baja  
tensión del bloque dos de la Universidad Antonio Nariño  
sede sur, Bogotá.,  
Cumple con los requisitos para optar  
Al título de Ingeniero Electromecánico.

---

Firma del Tutor

---

Firma Jurado

---

Firma Jurado

Bogotá, 12 octubre de 2021.

## Contenido.

<b>NOTA DE ACEPTACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>Contenido.....</b>	<b>3</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>7</b>
<b>Lista de Tablas. ....</b>	<b>8</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>10</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>11</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>12</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>13</b>
<b>1 Introducción.....</b>	<b>14</b>
1.1 Antecedentes. ....	15
1.1.1 Antecedente 1. ....	15
1.1.2 Antecedente 2. ....	16
1.1.3 Antecedente 3. ....	16
1.2 Objetivos. ....	17
1.2.1 Objetivo General.....	17
1.2.2 Objetivos Específicos. ....	17
1.3 Metodología. ....	18
<b>2 Marco teórico. ....</b>	<b>20</b>
<b>3 Diagnostico de no conformidades según RETIE. ....</b>	<b>26</b>
3.1 Hallazgos producto de verificación inicial.....	26

3.2	No conformidades prioridad 1.....	31
3.3	No conformidades prioridad 2.....	32
3.4	No conformidades prioridad 3.....	32
<b>4</b>	<b>Desarrollo del diseño. ....</b>	<b>33</b>
4.1	Datos generales. ....	33
4.2	Requerimiento de cumplimiento de la resolución 90708 del 30 de agosto de 2013 RETIE. ....	35
4.3	Cuadros de carga y análisis. ....	36
4.3.1	Metodología para determinación de las cargas.....	36
4.3.2	Cálculo de demanda máxima.....	37
4.3.3	Cálculo de la protección .....	37
4.3.4	Selección de acometida .....	38
4.3.5	Cálculo de regulación .....	38
4.3.6	Análisis de los cuadros de carga de los tableros.....	39
4.3.7	Análisis del factor de potencia.....	61
4.3.8	Distorsión armónica.....	63
4.4	Análisis de coordinación de aislamiento.....	65
4.5	Análisis de corto circuito y falla a tierra. ....	65
4.6	Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.....	66
4.7	Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos. ....	73
4.8	Análisis del nivel de tensión requerido. ....	86

4.9	Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1. ....	87
4.10	Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga. ....	87
4.11	Cálculo del sistema de puesta a tierra. ....	91
4.12	Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía. ....	94
4.13	Verificación de los conductores. ....	95
4.14	Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos. ....	96
4.15	Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes. ....	97
4.16	Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.). ....	98
4.17	Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia. ....	98
4.18	Cálculos de regulación de tensión. ....	98
4.19	Clasificación de áreas peligrosas. ....	99
4.20	Elaboración de diagramas unifilares. ....	99
4.21	Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción. ....	99
4.22	Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares. ....	99
4.23	Establecer las distancias de seguridad requeridas. ....	99

4.24	Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.....	101
4.25	Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o geotérmicas.....	101
<b>5</b>	<b>Propuesta de implementación por fases y plan de correctivos propuestos. ....</b>	<b>101</b>
5.1	Priorización según los hallazgos. ....	101
5.2	Prioridad 1. ....	102
5.3	Prioridad 2. ....	102
5.4	Prioridad 3. ....	103
5.5	Precios y cantidades de obra. ....	104
<b>6</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones. ....</b>	<b>105</b>
<b>7</b>	<b>Referencias Bibliográficas. ....</b>	<b>107</b>
<b>8</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>109</b>

### Lista de Figuras.

Figura 3-1 Placa de seccionador 96023559. ....	27
Figura 3-3 Tablero de distribución bloque dos. ....	28
Figura 3-4 Protección principal tablero general de distribución.....	29
Figura 3-5 Barraje de salida de protección general de tablero. ....	29
Figura 3-6 Centro de carga tablero 2-14 consultorio jurídico piso 1, ala auditorio (TA-2.14 CJ P1). ....	30
Figura 3-7 Tablero de automáticos 2.9 salón 306 piso 3 (TA-2.9 SA306 P3). ....	30
Figura 3-8 Tablero de automáticos 2.9 salón 306 piso 3 (TA-2.9 SA306 P3). ....	31
Figura 4-1 Imagen Satelital Sede Sur. ....	34
Figura 4-2 Triangulo de Potencias. ....	62
Figura 4-3 Forma de onda distorsionada versus forma de onda sinusoidal ideal. ....	64
Figura 4-4 Variables del entorno a evaluar.....	67
Figura 4-5 Localización. ....	68
Figura 4-6 Dimensiones de la estructura. ....	69
Figura 4-7 Características de la estructura.....	69
Figura 4-8 Influencias Ambientales.....	70
Figura 4-9 Características de las líneas.....	71
Figura 4-10 Tipo de pérdida. ....	72
Figura 4-11 Medidas de protección. ....	72
Figura 4-12 Resumen de riesgos.....	73
Figura 4-13 Extracto de la tabla anexo 5 ET908. ....	88
Figura 4-14 Curva de coordinación de protecciones. ....	97
Figura 4-15 Extracto de la figura 13.1.....	100

### Lista de Tablas.

Tabla 2-1 Metodología.....	19
Tabla 3-1 seccionador 96023559.....	27
Tabla 3-2 Listado de no conformidades prioridad 1.....	31
Tabla 3-3 Listado de no conformidades prioridad 2.....	32
Tabla 3-4 Listado de no conformidades prioridad 3.....	32
Tabla 4-1 Datos iniciales.....	33
Tabla 4-2 TA-BA2 P1.....	40
Tabla 4-3 TA-BPP1.....	41
Tabla 4-4 TA-2.14 CJ P1.....	42
Tabla 4-5 TA-SA205 P2.....	43
Tabla 4-6 TA-SA206F P2.....	44
Tabla 4-7 TA-SA209 P2.....	45
Tabla 4-8 TA-DP2.....	46
Tabla 4-9 TA-2.10 EP P2.....	47
Tabla 4-10 TA-2.9 SA306 P3.....	48
Tabla 4-11 TA-2.8 PSIC P3.....	49
Tabla 4-12 TA-2.5 EI P3.....	50
Tabla 4-13 TA-2.6 SA406 P4.....	51
Tabla 4-14 TA-2.7 SA409 P4.....	52
Tabla 4-15 TA-2.2 ES P4.....	53
Tabla 4-16 TA-2.3 SA506 P5.....	54
Tabla 4-17TA-2.4 SA510 P5.....	55
Tabla 4-18 TA-2.0 ES P5.....	56
Tabla 4-19 TA-CST16 P5.....	57
Tabla 4-20 TA-DI P6.....	58
Tabla 4-21 TA-2.1 AUD P6.....	59
Tabla 4-22 TA-AUX AUD P6.....	60
Tabla 4-23 Resumen de Cargas Instaladas.....	61
Tabla 4-24 Corrección del factor de Potencia.....	62
Tabla 4-25 Distorsiones armónicas y los límites del estándar sin filtrado activo de los armónicos. .....	64
Tabla 4-26 Cálculo de corriente de corto circuito en baja tensión.....	65
Tabla 4-27 Matriz de riesgo según RETIE.....	66
Tabla 4-28 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo contacto directo, subestación.....	74
Tabla 4-29 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo arco eléctrico, subestación.....	75
Tabla 4-30 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo Descargas Atmosféricas, subestación.....	76
Tabla 4-31 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo Tensión de paso, subestación.....	77
Tabla 4-32 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo contacto indirecto, subestación.....	78
Tabla 4-33 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo cortocircuito, subestación.....	79

Tabla 4-34 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo energía estática, subestación.....	80
Tabla 4-35 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo contacto directo, centro de carga.....	81
Tabla 4-36 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo Descarga atmosférica, centros de carga. ....	82
Tabla 4-37 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo Tensión de paso, centros de carga.....	83
Tabla 4-38 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo Contacto Indirecto, centros de carga.....	84
Tabla 4-39 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo Cortocircuito, centros de carga.....	85
Tabla 4-40 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo Energía Estática, centros de carga.....	86
Tabla 4-41 Extracto de tabla 9.4.....	86
Tabla 4-42 Valores de sigma de acuerdo con el material dado.....	90
Tabla 4-43 Plantilla para el Cálculo de la malla de puesta a tierra, de acuerdo con la norma IEEE-80.....	93
Tabla 4-44 Precios de conductores tomados del listado de precios INTERELECTRICAS año 2021 marca PROCABLES.....	94
Tabla 4-45 Cálculo económico de los conductores.....	95
Tabla 4-46 Corriente de corto circuito por calibre de conductor en kA.....	96
Tabla 4-47 Corriente virtual de falla.....	96
Tabla 4-48 Pérdidas de potencia por armónicos.....	98
Tabla 4-49 Extracto de la tabla 13.1.....	99
Tabla 4-50 Cumplimiento de la instalación con las distancias mínimas de seguridad.....	100
Tabla 5-1 Criterios de evaluación.....	101
Tabla 5-2 Listado de correctivos propuestos prioridad 1.....	102
Tabla 5-3 Listado de correctivos propuestos prioridad 2.....	102
Tabla 5-4 Listado de correctivos propuestos prioridad 3.....	103
Tabla 5-5 Desglose de precios y cantidades de obra.....	104

**Dedicatoria.**

*Este trabajo de grado está dedicado a todos los electricistas en ejercicio de su profesión que puedan necesitar una guía para aplicar el RETIE en las instalaciones eléctricas. También a todas las personas que de una u otra manera nos inspiraron a elegir esta profesión y ejercerla: familia, amigos, maestros y profesionales que mediante su ejemplo ayudaron a forjar este camino académico.*

### **Agradecimientos.**

A la familia, amigos, maestros, personas que nos apoyaron y aportaron su afecto, conocimiento, experiencias con este proyecto.

A la Universidad Antonio Nariño y su administración por darnos la oportunidad de ser parte de ella dejando una huella imborrable.

A la vida por brindarnos un propósito mayor y a lector por disponer de su tiempo al abrir las ventanas a este humilde aporte que hacemos al conocimiento.

### **Resumen.**

En este proyecto se evidenciaron las condiciones de riesgo asociadas al funcionamiento eléctrico del bloque dos de la sede sur, con apoyo del personal de seguridad, personal administrativo y de mantenimiento quienes son responsables de las instalaciones físicas.

La problemática más delicada que se observó en seguridad humana es el riesgo de incendio por recalentamiento de los conductores al no haber una adecuada coordinación de protecciones, esto se pudo ver en las instalaciones cuando se realizó el levantamiento de la información.

Como respuesta a esta necesidad se comprobaron parámetros de funcionamiento, se hicieron pruebas y verificaciones, posteriormente se realizó el diseño detallado de acuerdo con el RETIE y se establecieron los correctivos necesarios para disminuir el riesgo asociado, dando cumplimiento a la resolución.

Palabras clave: Confiabilidad, diseño detallado, protecciones, potencia, RETIE, seguridad humana.

**Abstract.**

In this project were evidenced the associated risk conditions to electrical functioning for the building number 2 in the antonio nariño university, we count with the support of security, administration and maintenance staff, who are responsible of the physical instalations.

The most delicated problematic observed in human safety was the fire risk by overheated conductors because of the bad protection coordination, this were noticed when the information was collected, as a response to this needs were checked several functioning parameters and tests and verifications were made, subsequently the detailed design were made according to RETIE establishing necessary correctives to diminish associated risk, giving resolution's fullfillment.

Keywords: Reliability, detail design, protections, power, RETIE, human safety.

## 1 Introducción.

En este capítulo se muestra una breve visión de la problemática existente, junto con los antecedentes y objetivos sobre los cuales se realizó el proyecto.

Al realizar las labores requeridas para la evaluación, diagnóstico y diseño detallado de las instalaciones eléctricas de uso final del bloque dos en la sede sur de la Universidad Antonio Nariño en Bogotá, se evidenciaron condiciones de riesgo importantes, donde la problemática más delicada se identificó en términos de seguridad humana, de las instalaciones y de los activos de la universidad, y es el riesgo de incendio por recalentamiento de los conductores, además del riesgo por contacto que se presenta con alta probabilidad en algunos espacios de la instalación.

Ante esta problemática se planteó este proyecto, para suplir la necesidad de conocer el detalle del estado actual de las instalaciones eléctricas, las oportunidades de mejora y las prioridades de acciones correctivas, se comprobaron parámetros de funcionamiento, se hicieron revisiones y verificaciones de la instalación original y las modificaciones que se han venido ejecutando.

Como resultado de este estudio se obtiene el diseño detallado de las instalaciones existentes y se propone de una manera práctica, la normalización de la instalación para garantizar el cumplimiento del RETIE y de la misma forma, reducir, eliminar y/o asumir las probabilidades de un evento desafortunado en términos de seguridad.

Toda instalación eléctrica debe cumplir con un mínimo de objetivos legítimos, como lo indica el artículo primero, objeto del RETIE. En el caso de la UAN, esta se fundó el 7 de marzo de 1976 en las instalaciones de la antigua escuela de medicina de la Pontificia Universidad Javeriana. Iniciando clases formalmente el 2 de febrero de 1978, para estas fechas no existía reglamentación vigente aplicable a instalaciones eléctricas.

El 29 de julio de 1976 por medio de la resolución 3426 se reconoce la personería jurídica de la asociación colombiana de ingeniería sísmica, para desarrollar un reglamento nacional de diseño y construcción sismorresistente, crean la norma AIS 100-81 “Requisitos sísmicos para edificios” de voluntaria aplicación, esta está fundamentada en la norma ATC3 de origen americano (Applied Technology Council (ATC)).

En esta norma las universidades son consideradas edificaciones esenciales, principalmente por el importante papel que pueden jugar en la atención de las crisis sísmicas, ya que constituyen instalaciones que pueden servir de alojamiento a los damnificados de un terremoto, en esta norma se tienen en cuenta factores no estructurales dentro de los diseños, entre los que se encuentran las instalaciones eléctricas.

A raíz de la ocurrencia del sismo de Popayán, Cauca, Colombia en marzo de 1983 se hizo evidente la necesidad de ampliar el alcance de la Norma AIS 100-81, se desarrolló el Estudio General del Riesgo Sísmico de Colombia y se definió una nueva norma AIS 100-83 “Requisitos sísmicos para edificios”, paso seguido se da origen al obligatorio cumplimiento del código colombiano de construcciones sismorresistentes Decreto 1400 de 1984. Se considera que las instalaciones eléctricas de la sede debieron estar concebidas bajo esta serie de normas en su respectiva vigencia.

## **1.1 Antecedentes.**

### ***1.1.1 Antecedente 1.***

(Anaya, 2018) realizó el informe de prácticas empresariales, teniendo por finalidad aplicar los conocimientos académicos de ingeniería electrónica para indicar el estado de la red eléctrica de una IPS, el tipo de investigación utilizado fue descriptivo, concluyendo que se requiere profesionales de ingeniería para optimizar procesos que permitan garantizar el buen

funcionamiento y bienestar de las personas involucradas en el gestionar de la organización donde se prestan los servicios profesionales.

### ***1.1.2 Antecedente 2.***

(Avila Bermudez, 2017) realizó el manual metodológico para ingenieros inspectores del RETIE en uso final, cuyo objetivo fue brindar una guía para entregar los documentos organizados y bien diligenciados en el organismo de inspección.

Este documento fue un proyecto de pasantía de ingeniería eléctrica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y para su realización usó la norma técnica NTC 2050, RETIE y Equipo para medir la resistividad del terreno como instrumentos de recolección de información, como resultado el inspector tiene una herramienta valiosa para que el tiempo de respuesta en el que el cliente puede obtener la certificación de sus instalaciones eléctricas sea mucho menor y la inspección se realizará con altos niveles de calidad.

### ***1.1.3 Antecedente 3.***

(Granados Alarcón, 2018) comparte un pliego de licitación donde desarrolla el diseño eléctrico de un edificio en la Universidad Nacional de Colombia, el objeto del proyecto es suministrar electricidad a dicha edificación.

Como herramientas de colección de información se basó en normas técnicas, libros y manuales, además de equipo para medir la resistividad del terreno y software libre.

Como resultado del proyecto, el autor entrega las memorias de cálculo, de acuerdo con los parámetros requeridos.

## **1.2 Objetivos.**

### ***1.2.1 Objetivo General.***

Realizar la evaluación, diagnóstico, y diseño detallado de las instalaciones eléctricas de uso final en baja tensión del bloque dos de la Universidad Antonio Nariño sede sur, Bogotá. según la resolución 90708 de 2013 RETIE.

### ***1.2.2 Objetivos Específicos.***

- Caracterizar y evaluar las instalaciones eléctricas haciendo el censo de cargas existentes resultado de la inspección de las instalaciones del bloque dos de la UAN, sede sur.
- Hacer el diseño detallado de acuerdo con los resultados dando cumplimiento al RETIE.
- Diagnosticar las no conformidades según RETIE.
- Elaborar propuesta de correctivo para conformidad con cantidades de obra y materiales.

### **1.3 Metodología.**

El diseño metodológico de este TIG requirió un tipo de investigación aplicada tecnológica ya que el objetivo propuesto está relacionado con la aplicación de una resolución del ministerio de minas y energía, la cual a su vez se encuentra fundamentada en normas nacionales e internacionales desarrolladas por comités técnicos especializados en la aplicación, el uso y el desarrollo de productos, sistemas e instalaciones eléctricas.

El enfoque de la investigación fue mixto, se colectaron datos numéricos como son los voltajes y corrientes en distintos puntos del edificio, como datos cuantitativos, también se realizó una inspección visual de las instalaciones que nos permitió evaluar de forma cualitativa el estado de estas.

Como fuentes de investigación e información primarias, fueron usadas en su mayoría la resolución 90708 RETIE, la norma NTC 2050 y, como fuente de investigación secundarias se consultaron documentos como algunos trabajos de grado existentes en los repositorios institucionales, informes técnicos realizados por personal calificado donde fueron plasmados los resultados de la aplicación de las normas en algunos diseños detallados.

También fueron consultadas fuentes virtuales de la universidad como su página web, para obtener datos confiables de la historia de su sede Sur.

Para conseguir los objetivos planteados en este TIG se usaron técnicas de recolección y análisis de información de la investigación mixtas, ya que los datos obtenidos son de tipo cuantitativo en menor proporción que los datos cualitativos.

Los datos cuantitativos se consiguieron a partir de las mediciones realizadas en campo con instrumentos de medida, también se hallaron de cálculos teórico- matemáticos mediante las

formulaciones descritas en las diferentes fuentes bibliográficas relacionadas con las variables eléctricas objeto de este estudio.

Los datos cualitativos fueron obtenidos por medio de la inspección visual, entrevistas con las personas que laboran en las instalaciones y la experiencia vivencial como alumnos de la sede sur de la universidad.

En la siguiente tabla relacionamos los objetivos específicos con su referente y la herramienta, instrumento o técnica de información aplicada para su obtención.

Tabla 1-1 Metodología.

Objetivos específicos	Referente	Herramienta, técnica o instrumento utilizado
1.2.2.1 Caracterizar y evaluar las instalaciones eléctricas haciendo el censo de cargas existentes resultado de la inspección de las instalaciones del bloque dos de la UAN, sede sur.	Instalaciones eléctricas Protocolo orientativo (Saenz Serrano, 2009)	Visita de campo Inspección visual
	Memorias de cálculo (Sebastian et al., 2020)	Entrevista Pinza voltiamperimétrica Cámara fotográfica
1.2.2.2 Hacer el diseño detallado de acuerdo con los resultados dando cumplimiento al RETIE.	Demostración de la conformidad resolución 90708 (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas -	RETIE
		Cámara fotográfica Pinza voltiamperimétrica
1.2.2.3 Diagnosticar las no conformidades según RETIE.	Diseño del edificio de bellas artes (Granados Alarcón, 2018) Memorias de cálculo (Sebastian et al., 2020)	Software de cálculos eléctricos
		Autocad Excel
1.2.2.4 Elaborar propuesta de correctivo para conformidad con cantidades de obra y materiales.	Memorias de cálculo (Sebastian et al., 2020)	Computador Fichas técnicas de materiales

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se hace la descripción del referente con el cual se da cumplimiento al objetivo específico y cuál es la técnica, herramienta o instrumento utilizado para la ejecución de este referente.

## 2 Marco teórico.

A continuación, en este capítulo se explicarán los conceptos relacionados con principios fundamentales, reglamentación, problemas comunes en redes eléctricas y definición de soluciones.

- Electricidad: Los cuerpos con carga eléctrica ejercen una fuerza sobre los objetos que los rodean y tienen la característica de repeler cuerpos con la misma carga y atraer cuerpos con carga diferente, a esto se le llama fuerza electromotriz.

VOLTIO= UNIDAD DE F.E.M.

1 VOLTIO= F.E.M. QUE DA UN JULIO DE ENERGÍA A UNA CARGA DE UN CULOMBIO.

- La corriente eléctrica, se define como la cantidad de electrones (flujo de carga) que circula por un conductor en una unidad de tiempo, su intensidad se mide en amperes.

AMPERE= UNIDAD DE INTENSIDAD DE CORRIENTE.

1 AMPERE= 1 CULOMBIO/ 1 SEGUNDO.

- Conductores: Las sustancias conocidas se pueden clasificar por su comportamiento eléctrico, las que conducen electricidad se denominan conductores, incluyendo todos los metales.

En la práctica los conductores más usados son hechos de cobre, ya que este material presenta la mejor relación costo conductividad.

Estos conductores pueden ser tan delgados como 36 AWG (0.127mm) o tan gruesos como 4/0 (11.684 mm), en el estándar de clasificación de diámetros estadounidense su significado literal es calibre de alambre estadounidense (American Wire Gauge), para calibres mayores se opta

identificarlos por su área en el sistema inglés de unidades, el cual viene dado en milésimas de pulgadas.

Cada milésima de pulgada se abrevia con el prefijo “K” de kilo, los cuales van desde 250 MCM (Mil circular mils) o Kcmil (Kilo circular mils) hasta 2000 Kcmil.

En un conductor eléctrico la capacidad de transmitir energía eléctrica está dada por la ampacidad la cual se refiere a la capacidad de corriente que puede transmitir el cable con seguridad de acuerdo con la demanda de la carga.

En Colombia las capacidades de corriente están establecidas en la norma técnica Colombiana NTC 2050 tabla 310.15(B)(16) (antes tabla 310.16) Capacidades de corriente (Norma Técnica Colombiana NTC 2050, 2020).

- Generación eléctrica: Suponiendo que, al moverse un conductor en forma de espira dentro de un campo magnético, se induce una fuerza electromotriz directamente proporcional al flujo normal.

A medida que la espira de cobre va girando, rotando su posición normal a las líneas de fuerza en ángulo y posición distinta, genera una variación en la tensión, hasta llegar a la posición perpendicular a la fuerza generando un pico de tensión y cambio de sentido, continúa rotando hasta la posición nula donde no genera tensión y cambia nuevamente.

A este comportamiento se conoce como corriente alterna y es el tipo de corriente eléctrica en la que su magnitud y dirección cambian en el tiempo, respondiendo a un determinado ciclo.

La forma de onda de la corriente alterna utilizada en las redes residenciales es la onda sinusoidal de 60 Hz.

- Los transformadores: son los enlaces entre los generadores del sistema de potencia y las líneas de transmisión y entre líneas de diferentes niveles de voltaje [...] generalmente los

generadores se fabrican en el rango de 18-24kV [...] también bajan los voltajes a los niveles de distribución para uso residencial 240 – 120 V (Grainger & Stevenson, 2002).

En Colombia tenemos varios tipos de generación, entre ellos la generación térmica e hidráulica son las fuentes principales.

Por ejemplo, en la central termoeléctrica Martín del Corral (Termozipa) se cuenta con generadores a un nivel de tensión de 38 kV, posteriormente este nivel es elevado a 115kV por medio de transformadores elevadores de tensión, para su transporte.

Posteriormente la energía eléctrica llega a una subestación donde se reduce el nivel a 11.4kV para la distribución y finalmente se reduce a 208V o 117V en punto de conexión al usuario final.

Es un arreglo organizado de dispositivos eléctricos que forman parte de un sistema de potencia en donde se transforman las tensiones y se derivan los circuitos manteniendo la potencia, de acuerdo con la función que realizan se dividen en tres tipos:

De variación de tensión.

De maniobra.

Mixtas.

Por su nivel de tensión pueden ser clasificadas como:

De Transmisión nacional: Mayor de 220kV.

De Subtransmisión o regional/ local: Entre 57.5 kV y 220 kV.

Primarias de distribución regional/ industrial: Entre 30 kV y 57.5 kV.

Primarias de distribución local: Entre 1kV y 30 kV.

Secundarias de distribución: Menos de 1000 V.

Teniendo en cuenta el nivel de tensión y la demanda de potencia en kVA y calculando un crecimiento aproximado para los siguientes años, se dimensiona la subestación con uno o varios

transformadores monofásicos o trifásicos de hasta 1600 A y BIL (Basic Impulse lightning) máximo de 150 kV en potencias desde 15kVA hasta 500kVA con tensión de salida 220 V/ 127 V.

- Potencia: es la razón de cambio de la energía con respecto al tiempo, en términos de voltaje y corriente (Grainger & Stevenson, 2002, p.5) existen tres tipos de potencia, activa, reactiva y aparente.

La potencia activa es aquella que se utiliza en su totalidad, es decir que realiza un trabajo o es aprovechable, se presenta solo en cargas netamente resistivas, Se mide en kilo Watt (kW). La potencia reactiva es aquella que no realiza un trabajo y se pierde durante el proceso, en campos eléctricos, magnéticos o calor, se presenta en cargas inductivas como motores o capacitivas como baterías, se mide en kilo Voltio amperios reactivos (kVAR).

La potencia aparente está compuesta por la potencia activa y reactiva, su unidad de medida es el kilo Voltio amperio (kVA) se calcula con:

$$kVA = \sqrt{kW^2 + kVAR^2}$$

- Distorsión armónica: Es la medida del cambio en la forma de onda sinusoidal proveniente de la red, la cual se produce por la conexión de motores o dispositivos electrónicos.

Esto genera una reducción en la vida útil de los equipos al generar corrientes indeseadas que no están contempladas dentro de los cálculos iniciales y que hacen variar la tensión de alimentación.

Este parámetro está tomando mayor importancia no solo en cumplimiento de la norma sino para que los proyectos cumplan con las máximas exigencias.

- Acometida: Para transmitir la potencia eléctrica se requiere de una red de alimentación constituida por unos equipos e instalaciones dimensionados, calculados y coordinados entre sí que forman la infraestructura de las redes eléctricas como son, por ejemplo, las

subestaciones de interconexión (en el caso de Bogotá a un nivel de tensión de 11.400V) y los transformadores de distribución que se encargan de disminuir el nivel de tensión de 11.400 V a 208V o 110V de acuerdo con el tipo de conexión del usuario final.

Posteriormente se encuentran los conductores (cables) de la acometida que comprenden el recorrido entre el transformador de baja tensión y el tablero general de distribución, de acuerdo con la conexión se pueden encontrar 440V, 220V o 110V estos niveles de voltaje final se denominan de baja tensión (Norma Técnica NTC1340, 1989).

La acometida se conecta al tablero general de distribución, que está compuesto por paneles de grandes dimensiones en donde van montados los dispositivos de protección y maniobra que permiten el manejo de los diferentes circuitos ramales de operación.

Los circuitos ramales deben contar con protecciones contra las sobretensiones y los cortocircuitos por medio de elementos interiores de interrupción termomagnética, que se encuentran instalados en el tablero de distribución (*Circuitos Ramales*, 2018) del cual se derivan hacia los tableros donde se distribuyen las cargas.

- Protecciones eléctricas: son elementos cuya función principal es proteger las cargas conectadas y al mismo tiempo evitar riesgos asociados a la integridad de las personas y los animales (Centro Europeo de Posgrado CEUPE, 2020) Estos elementos pueden ser de diferentes tipos, de acuerdo con el RETIE, estas protecciones deben ser automáticas termomagnéticas.

Los dispositivos termomagnéticos funcionan bajo dos componentes principales, la protección térmica, que básicamente consta de un compuesto bimetálico que se deforma en la presencia del calentamiento de una sobrecarga, interrumpiendo la continuidad, la protección magnética

funciona por medio de un elemento magnético que se comporta como un imán ante la presencia de una corriente de cortocircuito, lo que ocasiona que el interruptor se accione.

Para seleccionar las protecciones adecuadas se debe tener en cuenta, los siguientes factores:

Tensión de operación.

Corriente nominal.

Frecuencia de operación.

Curva de disparo.

Capacidad de interrupción.

Número de polos.

- **Canalización:** Se refiere a los conductos cerrados cuya función es contener y proteger a los conductores eléctricos, estos pueden ser de sección circular, rectangular o cuadrada y deben estar elaborados en materiales que dificultan la propagación de la llama y que eviten la propagación del fuego (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, 2013).
- **Rotulado:** Son los rótulos que componen la marcación de equipos o componentes, indicando su nombre y función dentro de un sistema eléctrico.

Para ser fácilmente identificado y localizado.

- **Jerarquía normativa:** La jerarquía normativa indica la prelación de normas que debe respetarse, en el caso colombiano la jerarquía se aplica de la siguiente forma: ley, decreto, resolución, ordenanza y acuerdo. La normativa técnica NTC2050, se hace de obligatorio cumplimiento según la resolución 90708 del 30 de agosto de 2013 RETIE.
- **Norma técnica:** Son documentos realizados por comités especializados y reconocidos en un ámbito o sector, sirven para establecer y fijar parámetros específicos de carácter técnico en

un producto o servicio, que facilitan la evaluación de conformidad de estos por medio de una serie de requisitos de calidad previamente establecidos.

- **Riesgo Eléctrico:** El riesgo eléctrico es la posibilidad de que suceda un accidente de naturaleza eléctrica, hay que evaluar los factores presentes con el objetivo de tomar las medidas de control adecuadas para reducir el riesgo, con el fin de proteger las personas, el entorno y los equipos. De acuerdo con estas medidas los equipos y dispositivos empleados para las instalaciones eléctricas deben cumplir con unos estándares mínimos de seguridad establecidos en las normas vigentes aplicables, adicional a esto las prácticas, procedimientos y uso final de la instalación deben cumplir también con parámetros de seguridad.

### **3 Diagnóstico de no conformidades según RETIE.**

En este capítulo se evidencia el estado actual de las instalaciones, se listan los hallazgos y evidencian las no conformidades.

#### **3.1 Hallazgos producto de verificación inicial.**

La sede sur de la Universidad Antonio Nariño cuenta con una conexión por red aérea en el punto físico 0228165 de diciembre de 1999 a la red de distribución de CODENSA; conectando un transformador de 300 KVA a 11.4 KV/ 215 V placa número 26167 a un seccionador de 17.5 KV/ 60 Hz. Con corriente nominal de 630 A, número 96023559.

Figura 3-1 Placa de seccionador 96023559.



Nota: Fuente, autores.

En la figura se puede evidenciar los datos de la capacidad del seccionador instalado, así como la marca y número de certificado RETIE.

Tabla 3-1 seccionador 96023559.



Nota: Fuente, autores.

En la figura se puede evidenciar la celda completa con su cerramiento y llave para su accionamiento.

Este seccionador numero 96023559 alimenta el transformador general para toda la sede sur.

El transformador alimenta el tablero general de distribución bloque dos (TGD B2) serie 1443 fabricado el 15 de julio de 1999 con una capacidad de corriente del barraje de 600 A en tres fases.

Figura 3-2 Tablero de distribución bloque dos.



Nota: Fuente, autores.

Se evidencia que este tablero fue dimensionado inicialmente para una capacidad de 600 A y cuenta en la actualidad con una protección de 800 A marca MEC Referencia ABS 803a que ofrece protección para sobrecarga, cortocircuito y falla a tierra, alimentado por tres cables calibre 500 Kcmil por fase, a un barraje de 50 x 5 mm reducido al tamaño de las terminales del totalizador.

Figura 3-3 Protección principal tablero general de distribución.



Nota: Fuente, autores.

A la salida de la protección de 800 A encontramos un barraje de 50 x 10 mm con unos transformadores de corriente con una relación de transformación  $K_n=800/5$  A para la medición de los valores de corriente que se muestran en los amperímetros de la parte superior del tablero.

Figura 3-4 Barraje de salida de protección general de tablero.



Nota: Fuente, autores.

Del barraje principal se deriva en barrajes de 15 x 5 mm hacia los totalizadores de los tableros del bloque 2.

La modificación más reciente en el primer piso del bloque dos fue instalado el tablero de automáticos 2.14 consultorio jurídico piso 1 (TA-2.14 CJ P1) que alimenta el tablero de automáticos 2.9 salón 306 piso 3 (TA-2.9 SA306 P3).

Figura 3-5 Centro de carga tablero 2-14 consultorio jurídico piso 1, ala auditorio (TA-2.14 CJ P1).



Nota: Fuente, autores.

En la figura se evidencia la modificación mas reciente que fue la instalación del centro de carga tablero 2.14(TA-2.14 CJ P1).

Figura 3-6 Tablero de automáticos 2.9 salón 306 piso 3 (TA-2.9 SA306 P3).



Nota: Fuente, autores.

En la figura se puede evidenciar que este tablero no cuenta con una protección general para desenergizar el tablero al momento de ser necesaria una intervención en el tablero.

Figura 3-7 Tablero de automáticos 2.9 salón 306 piso 3 (TA-2.9 SA306 P3).



Nota: Fuente, autores.

Al lado derecho se observa el detalle de la terminal del tubo y cables afectados.

En la figura se puede apreciar el deterioro del aislamiento por aumento en la temperatura de operación, debido a sobre carga prolongada e inadecuada coordinación de la protección térmica para el circuito.

### 3.2 No conformidades prioridad 1.

Tabla 3-2 Listado de no conformidades prioridad 1.

Pos	Ubicación	No conformidad
1	Tablero general de distribución	Protecciones semidestruídas
2	Tablero general de distribución	Protecciones con múltiples salidas y en diferentes calibres
3	Ala administrativa	Circuitos sobrecargados
4	Ala auditorio	Protecciones termomagnéticas no instaladas
5	Ala auditorio	Circuitos sobrecargados
6	Ala auditorio	"Tableros con cableado cristalizado por recalentamiento, con compromiso de la chaqueta aislante.
7	Tablero general de distribución	Barraje de neutro y tierra sin sujeción
8	Tablero general de distribución	Barraje de entrada y salida del totalizador se encuentra mecanizado manualmente para disminuir sus dimensiones.
9	Tablero general de distribución	Platina de entrada del totalizador son de diferentes dimensiones a las de salida.
10	Acometida bloque dos	Tipo y calibre de conductores no adecuados
11	Tablero general de distribución	Tablero no cuenta con frente muerto adecuado, hay acceso directo a partes energizadas.

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se listan las no conformidades mayores, allí se establece la ubicación del hallazgo y el incumplimiento que presenta.

### 3.3 No conformidades prioridad 2.

Tabla 3-3 Listado de no conformidades prioridad 2.

Pos	Ubicación	No conformidad
1	Seccionador	No hay DPS
2	Cárcamo de media tensión	Conductores de media y baja por la misma canalización
3	Transformador	No se evidencia malla de puesta a tierra
4	Tablero general de distribución	Protecciones no instaladas
5	Acometida bloque dos	Derivaciones en cajas de piso
6	Acometida bloque dos	Calibres de conductores subdimensionados
7	Ala administrativa	Protecciones termomagnéticas no instaladas
8	Transformador	Canalizaciones sin sujeción, deterioradas, en mal estado
9	Ala administrativa	Tableros no cuentan con protección parcial, no cumplen con la normativa vigente.
10	Ala auditorio	Tableros no cuentan con protección parcial, no cumplen con la normativa vigente.
11	Acometida bloque dos	No existe tablero de sub-distribución

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se listan las no conformidades importantes, estableciendo la ubicación del hallazgo y el incumplimiento que presenta.

### 3.4 No conformidades prioridad 3.

Tabla 3-4 Listado de no conformidades prioridad 3.

Pos	Ubicación	No conformidad
1	Seccionador	Conductores sin identificación
2	Transformador	Protecciones sin marcación
3	Transformador	Conductores sin identificación
4	Tablero general de distribución	Protecciones sin marcación
5	Tablero general de distribución	Canalizaciones sin sujeción, deterioradas, en mal estado
6	Ala auditorio	Tomacorrientes marcados como regulados sin tener conexión a una UPS
7	Ala administrativa	Luminarias fluorescentes
8	Ala auditorio	Luminarias fluorescentes

Nota: Fuente, autores.

En la tabla prioridad 3 se listan las no conformidades menores, estableciendo la ubicación del hallazgo y el incumplimiento que presenta.

## 4 Desarrollo del diseño.

En este capítulo se encuentran los datos de entrada, el estado actual de la instalación y los criterios del ingeniero donde se describe cada numeral del diseño detallado indicado en el RETIE

### 4.1 Datos generales.

La sede sur de la Universidad Antonio Nariño se encuentra conformada por ocho bloques de edificios acogiendo una cantidad importante de personas en sus diferentes roles dentro de la comunidad educativa y al beneficio de la comunidad en general del pueblo colombiano.

Durante la investigación realizada como análisis de la causa del incumplimiento para este proyecto se pudo establecer que, el edificio ha estado en funcionamiento por más de cuarenta y cuatro años (44), en los que se han realizado diferentes trabajos de ampliación, remodelación, debido a las necesidades de las diferentes dependencias y el nuevo consumo energético de la comunidad asociada a estos cambios, como es el caso de la adecuación para los consultorios jurídicos en el primer piso del bloque dos, donde se adecuaron seis oficinas para atención de usuarios.

**Tabla 4-1 Datos iniciales.**

<b>Nombre</b>	<b>Instalaciones de uso final en baja tensión del bloque dos de la universidad Antonio Nariño sede sur, Bogotá.</b>
<b>Dirección</b>	Calle 20 Sur #13-61
<b>Ciudad/ municipio</b>	Bogotá/ Cundinamarca
<b>Representante Legal</b>	Victor Hugo Prieto Bernal
<b>Propietario</b>	Universidad Antonio Nariño
<b>Tipo de servicio</b>	Comercial
<b>Voltaje primario</b>	11400V
<b>Voltaje secundario</b>	215/124V
<b>Cuentas proyectadas</b>	1
<b>CD</b>	26177

Nota: Fuente, autores.

**Figura 4-1 Imagen Satelital Sede Sur.**



Nota: Fuente,(CNES & Airbus, 2021).

De la figura se resalta en recuadros amarillos el bloque dos y su distribución en bloques contiguos.

Comúnmente se presenta que, al realizarse modificaciones sobre una edificación existente, se intervienen también las instalaciones eléctricas y como en esta ocasión no se cuenta con los planos tanto arquitectónicos como eléctricos, adicional a esto se presentan obras imprevistas a través de los años, sobre necesidades puntuales, brindando soluciones inmediatas que en muchas ocasiones no están contempladas en los diseños originales y por lo tanto no quedan debidamente documentadas. Desde el año 2018 la administración de la sede, en cumplimiento diligente de sus funciones, reportó fallas recurrentes presuntamente asociadas a la renovación de los consultorios jurídicos del bloque dos, específicamente en el tablero automático 2.9, salón 306 piso 3 (TA-2.9 SA306 P3) asociado al tablero automático 2.14 consultorio Jurídico piso 1 (TA-2.14 CJ P1) esto puso en evidencia posibles insuficiencias en la instalación, planteando la necesidad de realizar una revisión a fondo del estado de las instalaciones eléctricas del edificio, creando así una fuente

de información real, confiable, detallada de los equipos y redes junto con sus parámetros de operación que permitan tener claridad acerca de la capacidad y alcance de expansión de los elementos existentes, permitiendo ahorrar tiempo al momento de tomar decisiones ajustadas a la realidad de las instalaciones para dar cumplimiento con la normatividad vigente aplicable NTC 2050, RETIE.

- Red De Media Tensión: La sede sur de la Universidad Antonio Nariño cuenta con una conexión por red aérea en el punto físico 0228165 de diciembre de 1999 a la red de distribución de CODENSA.
- Subestación: Se cuenta con un seccionador de 17.5 KV/ 60 Hz. Con corriente nominal de 630 A, número 96023559 conectado a un transformador de 300 KVA a 11.4 KV/ 208 V placa número 26167.
- Red De Baja Tensión: El transformador alimenta el tablero general de distribución bloques (TGD B2) serie 1443 fabricado el 15 de julio de 1999 con una capacidad de corriente del barraje de 600 A en tres fases.
- Criterios Generales Y Normatividad Aplicable: Ley 142 de servicios públicos domiciliarios, Resolución 90708 del 30 de agosto de 2013 Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas. Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (Capítulos 2 y 3). Normas y especificaciones de ENEL CODENSA S.A. E.S.P.

#### **4.2 Requerimiento de cumplimiento de la resolución 90708 del 30 de agosto de 2013 RETIE.**

Dando cumplimiento a la resolución 90708 del 30 de agosto del 2013 RETIE, las instalaciones eléctricas deben realizarse en base a un diseño elaborado por un profesional legalmente competente para desarrollar esa actividad y el diseño puede ser detallado o simplificado de

acuerdo con los criterios establecidos en la norma. Para el caso de las instalaciones de uso final en baja tensión del bloque dos de la Universidad Antonio Nariño sede sur, Bogotá, se realizará un diseño detallado acorde al tipo de instalación y complejidad, cumpliendo con el artículo 10.1.1 de la resolución en donde lista desde la letra “a” hasta la “w”. para efectos de este TIG numerados del 4.1 al 4.25

A continuación, se mostrará el diseño detallado para el bloque dos de la sede sur de la Universidad Antonio Nariño.

### **4.3 Cuadros de carga y análisis.**

#### ***4.3.1 Metodología para determinación de las cargas***

En el bloque dos de la sede se hizo un levantamiento de la información de cada uno de los tableros existentes, los hallazgos fueron consignados en los cuadros de cargas en el numeral 10.1.1 inciso a del RETIE. toda la información obtenida se organizó para cuantificar los equipos instalados en cada uno de los circuitos y de esta forma evidenciar las no conformidades presentes de acuerdo con el RETIE. Partiendo desde el tablero de distribución general, se identifican dos totalizadores encargados de la protección y control del bloque, estos equipos no se encuentran correctamente marcados y etiquetados, solo se visualiza que tienen una capacidad de 100A, cada uno de ellos alimenta un costado del bloque, lo cual en adelante llamaremos el ala administrativa y el ala auditorio para facilitar la ubicación espacial.

Desde la tabla 3 a la tabla 23 se muestra el desarrollo del análisis de cada tablero en donde se consignaron los datos correspondientes al nombre del tablero sugerido, la cantidad de circuitos que soporta, el número del circuito al que está conectado, la descripción del nombre lugar que alimenta, la cantidad de equipos conectados según las diferentes cargas encontradas en la inspección realizada, luego se multiplica su valor teórico por la cantidad de elementos

obteniendo el dato de la carga instalada por circuito, este dato se multiplica por el factor de potencia del elemento dando el valor real de potencia de carga instalada en voltio amperios, seguidamente se consigna el valor teórico de pérdidas por armónicos según el fabricante, así, se suma este valor por la carga en voltio amperios lo que nos da el valor de la carga conectada por fase según la distribución del tablero, con este dato se calcula la corriente al dividir por el voltaje entre fase y neutro del sistema por el desfase propio para sistemas de alimentación simétricos y por el factor de potencia, a lo cual se le selecciona al circuito una protección correspondiente al valor máximo de ampacidad del calibre seleccionado según la tabla 310.16 de la NTC 2050.

Con estos datos se procede a hacer el análisis de cada tablero en cuanto a cálculo de la demanda máxima, cálculo de protección, selección de acometida con su ducto, y cálculo de regulación para la acometida.

Lo que finalizando el numeral 4.3 se organiza en la tabla resumen de cargas en donde se agrupa por tipo de carga y se definen los parámetros generales de la red instalada.

#### ***4.3.2 Cálculo de demanda máxima***

El cálculo de la demanda máxima corresponde a la diversificación de la carga instalada total de acuerdo al capítulo B. alimentadores y acometidas, sección 220 de la NTC 2050, por la posibilidad que se deba utilizar toda la iluminación al mismo tiempo como institución de enseñanza en donde la carga conectada en voltio amperios por pie cuadrado se toma el factor de demanda al 100%.

#### ***4.3.3 Cálculo de la protección***

El cálculo de la protección corresponde a la asignación de la ampacidad al máximo siguiente posible según el calibre estandarizado para la capacidad de conducción del conductor en la tabla 310.16 de la NTC 2050 seleccionando el calibre que corresponde al dato que se obtiene de la ecuación:

$$I = \frac{W}{v * \sqrt{3} * fp} * 1,25$$

Donde:

I= Corriente calculada.

W= Total carga instalada en el tablero en vatios.

V= Voltaje entre fase y neutro del sistema.

$\sqrt{3}$ = Desfasaje propio para sistemas de alimentación trifásicos simétricos o puede ser 1 para alimentación de sistemas monofásicos.

Fp= Factor de potencia en los bornes del tablero.

1,25= Factor según el estándar comercial de sobrecarga por exceso.

#### **4.3.4 Selección de acometida**

Acorde a la tabla 310.16 de la NTC 2050 y en concordancia con el numeral 4.3.3. se selecciona el calibre de la acometida al siguiente valor estandarizado de la tabla para prever la sobrecarga seleccionando también su respectivo aislamiento, en el caso de lugares de alta concentración de personas se debe seleccionar un aislamiento que tenga un comportamiento especial frente a la llama que produzca baja emisión de humos y cero gases tóxicos para las personas o residuos corrosivos para los circuitos.

#### **4.3.5 Cálculo de regulación**

El cálculo de la regulación se hace para determinar porcentualmente la caída de tensión entre la fuente y la carga debido a la distancia para cada tablero, con la fórmula:

$$\% \Delta V = S * L * K$$

Donde:

$\% \Delta V$  = Porcentaje de variación de tensión.

S = Potencia en kilo voltio amperio (kVA).

L = Longitud del tramo en metros.

K = Constante de regulación (propiedad física de todo conductor eléctrico).

#### ***4.3.6 Análisis de los cuadros de carga de los tableros***

A continuación, teniendo en cuenta los numerales anteriores 4.3.1 al 4.3.5 se procedió a determinar los valores correspondientes en cada uno de los tableros según sus cargas como se muestra en las siguientes tablas:







Tabla 4-5 TA-SA205 P2.

CUADRO DE CARGAS TABLERO AUTOMATICOS SALON 205 PISO 2(TA-SA205P2) COLOR GRIS																								
Capacidad 24 Circuitos																								
CIRCUITO	DESCRIPCION	MONOFASICA 180 VA	BIFASICA	TRIFASICA	1-LED 2x32W	2-LED 2x18 W	3-LED 2x36 W	4-FLUORESCENTE 2 x 39 W	5-FLUORESCENTE 2 x 75 W	6-FLUORESCENTE 2 x 32 W	7-AHORRADOR 40 W	8-LED 18 W	9-AUXILIAR 2 x 50 W	CARGA TOTAL INSTALADA (W) FP=0,9	CARGA TOTAL INSTALADA (VA)	PERDIDAS POR ARMONICOS 15% ILLUMINACION SEGUN FABRICANTE	CARGA TOTAL + PERDIDAS ARMONICOS (VA)	CARGA FASE R (VA)	CARGA FASE S (VA)	CARGA FASE T (VA)	CORRIENTE (A)	PROTECCION (A)	CALIBRE (AWG)	
1	RACK	1												0	0	0	0				0,00	1X15A	12	
3	TOMAS REGULADAS	7												1260	1400	210	1610		1610			1X15A	12	
5	TOMAS REGULADAS	5												900	1000	150	1150		1150			1X15A	12	
7	TOMAS REGULADAS	8												1440	1600	240	1840	1840		14,84		1X15A	12	
9	SALA INTERNET	4												720	800	120	920		920					
11	TOMAS REGULADAS	5												900	1000	150	1150		1150	9,27		1X15A	12	
13	OFFICE	4												720	800	120	920	920		7,42		1X15A	12	
15	SALA INTERNET	4												720	800	120	920		920		7,42		1X15A	12
17														0	0	0	0			0	0,00			
19														0	0	0	0	0			0,00			
21														0	0	0	0			0	0,00			
23														0	0	0	0			0	0,00			
2	SALA INTERNET Y LABORATORIO DE SIMULACION	2												360	400	60	460	460			3,71		1X15A	12
4	SALA INTERNET Y LABORATORIO DE SIMULACION	2												360	400	60	460		460		3,71		1X15A	12
6	TOMAS REGULADAS	4												720	800	120	920		920	7,42		1X15A	12	
8	TOMAS REGULADAS	4												720	800	120	920	920		7,42		1X15A	12	
10	TOMAS REGULADAS	4												720	800	120	920		920		7,42		1X15A	12
12	TOMAS REGULADAS	7												1260	1400	210	1610		1610	12,98		1X15A	12	
14	SALA PROFESORES	2	2											488	542	81	624	624			5,03		1X15A	12
16														0	0	0	0		0		0,00			
18														0	0	0	0			0	0,00			
20														0	0	0	0	0			0,00			
22														0	0	0	0			0	0,00			
24														0	0	0	0			0	0,00			
		62	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	11288	12542	1881	14424	4764	4830	4830	73,00	3X80A	2	

Calculo de la Demanda Maxima tomando como factor de potencia = 0,9 en bornes del tablero			
Total Carga Instalada	(W)	(VA)	
	11288	12542	
Total Carga Instalada en Iluminación	128	142	
Total Carga Instalada en Tomacorrientes	11160	12400	
de acuerdo seccion 220 de la norma NTC 2050			
Demanda Maxima Primeros 20000 VA AL 100%			14424
De 20001 VA a 100000 VA al 35%			0
Demanda Maxima Total Diversificada			14424 VA

Calculo de Protección																									
	$I = \frac{W}{v \times \sqrt{3} \times fp} \times 1,25$		$I = \frac{11.288}{124 \times \sqrt{3} \times 0,9} \times 1,25$																						

Acometida													
Conductor Seleccionado COBRE Aislado THHN / THHW LS-ZH Calibre # 2 AWG													
El alimentador hacia TA-BAP1 es de (3 N <sup>2</sup> F +1 N <sup>2</sup> N +1 N <sup>2</sup> T ) AWG THHN LS-ZH por Tubería de 1 1/4"													
Regulación													
% Regulacion=		kVA	x	distancia	x	k							
% Regulacion=		14,424	kVA	x	45	m	x	0,003123					
% Regulacion=								2,03					

Nota: Fuente, autores.

En la tabla TA-SA205 P2 correspondiente al cuadro de cargas tablero de automáticos salón 205 piso 2, que contiene la recolección de la información de cargas conectadas reales en esta











Tabla 4-11 TA-2.8 PSIC P3.

CUADRO DE CARGAS TABLERO AUTOMATICO 2.8 PSICOLOGIA PISO 3 (TA-2.8 PSIC P3)																										
Capacidad 3 Circuitos																										
CIRCUITO	DESCRIPCION	MONOFASICA 180 VA	BIFASICA	TRIFASICA	1-LED 2x32W	2-LED 2x18 W	3-LED 2x36 W	4-FLUORESCENTE 2 x 39 W	5-FLUORESCENTE 2 x 75 W	6-FLUORESCENTE 2 x 32 W	7-AHORRADOR 40 W	8-LED 18 W	9-AUXILIAR 2 x 50 W	CARGA TOTAL INSTALADA (W) F.P.=0,9	CARGA TOTAL INSTALADA (VA)	PERDIDAS POR ARMONICOS 15% ILUMINACION SEGÚN FABRICANTE	CARGA TOTAL + PERDIDAS ARMONICOS (VA)	CARGA FASE R (VA)	CARGA FASE S (VA)	CARGA FASE T (VA)	CORRIENTE (A)	PROTECCION (A)	CALIBRE (AWG)			
1	2.8.1 FACULTAD DE PSICOLOGÍA TOMAS	7												1260	1400	210	1610	1610			12,98	1X15A	12			
2	2.8.3 OFICINAS PSICOLOGÍA TOMAS	7												1260	1400	210	1610	1610			12,98	1X15A	12			
3	2.8.2 RECEPCIÓN			14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	896	996	149	1145	1145			9,23	1X15A	12			
		14	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	3416	3796	569	4365	4365	0	0	38,26	1X40A	8			
Calculo de la Demanda Maxima tomando como factor de potencia = 0,9 en bornes del tablero																										
																				(W)	(VA)					
Total Carga Instalada																				3416	3796					
Total Carga Instalada en Iluminación																				896	996					
Total Carga Instalada en Tomacorrientes																				2520	2800					
de acuerdo seccion 220 de la norma NTC 2050																										
Demanda Maxima Primeros 20000 VA AL 100%																					4365					
De 20001 VA a 100000 VA al 35%																					0					
Demanda Maxima Total Diversificada																					4365 VA					
Calculo de Protección																										
$I = \frac{W}{v \times x \times fp} \times 1,25 \quad I = \frac{3.416}{124 \times x \times 0,9} \times 1,25 = 38,26 \text{ A}$																										
Proteccion Magnetica Monopolar 1 x40 A																										
Acometida																										
Conductor Seleccionado COBRE Aislado THHN / THHW LS-ZH Calibre #8 AWG																										
El alimentador hacia TA-BAP1 es de (1 N°8 F +1 N°8 N +1 N°8 T ) AWG THHN LS-ZH por Tubería de 3/4"																										
Regulación																										
% Regulacion=																				kVA	x	distancia	x	k		
% Regulacion=																				4,365	kVA	x	45	m	x	0,000553
% Regulacion=																										0,11

Nota: Fuente, autores.

En la tabla TA-2.8 PSIC P3 correspondiente al cuadro de cargas tablero de automáticos 2.8 PSICOLOGIA PISO 3, que contiene la recolección de la información de cargas conectadas reales en esta ubicación, donde cabe resaltar: carga total 4365 VA, corriente 38,26 A, protección 1x40 A, acometida 8 AWG, tubería mínima ¾, regulación 0,11%

Tabla 4-12 TA-2.5 EI P3.

CUADRO DE CARGAS TABLERO AUTOMATICO 2.5 ESCALERAS INDUSTRIAL PISO 3 (TA-2.5EI P3)																											
Capacidad 12 Circuitos																											
CIRCUITO	DESCRIPCION	MONOFASICA 180 VA	BIFASICA	TRIFASICA	1-LED 2x32W	2-LED 2x18 W	3-LED 2x36 W	4-FLUORESCENTE 2 x 39 W	5-FLUORESCENTE 2 x 75 W	6-FLUORESCENTE 2 x 32 W	7-AHORRADOR 40 W	8-LED 18 W	9-AUXILIAR 2 x 50 W	CARGA TOTAL INSTALADA (W) F.P=0,9	CARGA TOTAL INSTALADA (VA)	PERDIDAS POR ARMONICOS 15% ILUMINACION SEGUN FABRICANTE	CARGA TOTAL + PERDIDAS ARMONICOS (VA)	CARGA FASE R (VA)	CARGA FASE S (VA)	CARGA FASE T (VA)	CORRIENTE (A)	PROTECCION (A)	CALIBRE (AWG)				
1	2.5.1 CTO 1													0	0	0	0				0,00						
3	2.5.3 CTO 3													0	0	0	0			0	0,00						
5	2.5.5 SALONES 311 Y 312	2			5			6	1					1298	1442	216	1659			1659	13,38	1X15A	12				
7	2.5.7 SALONES 301 Y 302	2						6	1					978	1087	163	1250	1250			10,08	1X15A	12				
9														0	0	0	0			0	0,00						
11	2.5.2 CTO 2													0	0	0	0			0	0,00						
2	2.5.4 SALON 313 Y 314	2				4		4						816	907	136	1043	1043			8,41	1X15A	12				
4	2.5.6 PASILLO PISO 3				5									320	356	53	409		409		3,30	1X15A	12				
6	2.5.8 SALON 303 Y 304	2				4		4						816	907	136	1043			1043	8,41	1X15A	12				
8														0	0	0	0	0			0,00	1X15A	12				
10														0	0	0	0		0		0,00	1X15A	12				
12														0	0	0	0			0	0,00	1X15A	12				
		8	0	0	10	8	0	20	2	0	0	0	0	4228	4698	705	5402	2292	409	2701	43,57	3X50A	8				
Calculo de la Demanda Maxima tomando como factor de potencia = 0,9 en bornes del tablero																											
														(W)	(VA)												
Total Carga Instalada														4228	4698												
Total Carga Instalada en Iluminación														2788	3098												
Total Carga Instalada en Tomacorrientes														1440	1600												
de acuerdo seccion 220 de la norma NTC 2050																											
Demanda Maxima Primeros 20000 VA AL 100%																5402											
De 20001 VA a 100000 VA al 35%																0											
Demanda Maxima Total Diversificada																5402						VA					
Calculo de Protección																											
														$I = \frac{W}{v \times \sqrt{3} \times \text{fp}} \times 1,25$	$I = \frac{4.228}{124 \times \sqrt{3} \times 0,9} \times 1,25$	=	27,34	A									
														Proteccion Magnetica Tripolar 3 x 50 A													
Acometida																											
Conductor Seleccionado COBRE Aislado THHN / THHW LS-ZH Calibre # 8 AWG																											
El alimentador hacia TA-BAP1 es de (3 N°8 F +1 N°8 N +1 N°8 T ) AWG THHN LS-ZH por Tuberia de 1"																											
Regulación																											
% Regulacion=														kVA	x	distancia	x	k									
% Regulacion=														5,402	kVA	x	45	m	x	0,000553							
% Regulacion=																			0,13								

Nota: Fuente, autores.

En la tabla TA-2.5 EI P3 correspondiente al cuadro de cargas tablero de automáticos escaleras industrial piso 3, que contiene la recolección de la información de cargas conectadas reales en esta ubicación, donde cabe resaltar: carga total 5402 VA, corriente 27,34 A, protección 3x50 A, acometida 8 AWG, tubería mínima 1", regulación 0,13%.





Tabla 4-15 TA-2.2 ES P4.

CUADRO DE CARGAS TABLERO AUTOMATICO 2.2 ESCALERAS SISTEMAS PISO 4 (TA-2.2 ES P4)																										
Capacidad 18 Circuitos																										
CIRCUITO	DESCRIPCION	MONOFASICA 180 VA	BIFASICA	TRIFASICA	1-LED 2x32W	2-LED 2x18 W	3-LED 2x36 W	4-FLUORESCENTE 2 x 39 W	5-FLUORESCENTE 2 x 75 W	6-FLUORESCENTE 2 x 32 W	7-AHORRADOR 40 W	8-LED 18 W	9-AUXILIAR 2 x 50 W	CARGA TOTAL INSTALADA (W) F.P.=0,9	CARGA TOTAL INSTALADA (VA)	PERDIDAS POR ARMONICOS 15% ILUMINACION SEGUN FABRICANTE	CARGA TOTAL + PERDIDAS ARMONICOS (VA)	CARGA FASE R (VA)	CARGA FASE S (VA)	CARGA FASE T (VA)	CORRIENTE (A)	PROTECCION (A)	CALIBRE (AWG)			
1	SALÓN 414 Y 413						8							624	693	104	797			797	6,43	1X15A	12			
3	PASILLO PISO 4 SALONES 403 Y 404				5		4							632	702	105	808		808		6,51	1X15A	12			
5	SALONES 411 Y 412						8							624	693	104	797			797	6,43	1X15A	12			
7														0	0	0	0	0								
9														0	0	0	0	0	0							
11														0	0	0	0	0	0	0						
13														0	0	0	0	0	0							
15														0	0	0	0	0	0	0						
17	SALONES 401 Y 402	2					8							984	1093	164	1257			1257	10,14	1X15A	12			
2	SECADOR BAÑO HOMBRES	1												180	200	30	230	230			1,85	1X15A	12			
4	BAJA AL 2.5													0	0	0	0									
6	BAJA AL 2.5													0	0	0	0									
8	BAJA AL 2.5													0	0	0	0									
10														0	0	0	0									
12														0	0	0	0									
14	TOTALIZADOR DE 40A VA PARA TABLERO 16 PISO 5													0	0	0	0									
16	TOTALIZADOR DE 40A VA PARA TABLERO 16 PISO 5													0	0	0	0									
18	TOTALIZADOR DE 40A VA PARA TABLERO 16 PISO 5													0	0	0	0									
		3	0	0	5	0	0	28	0	0	0	0	0	3044	3382	507	3890	1027	808	2055	19,68	3X30A	10			
Calculo de la Demanda Maxima tomando como factor de potencia = 0,9 en bornes del tablero																										
														(W)	(VA)											
Total Carga Instalada														3044	3382											
Total Carga Instalada en Iluminación														2504	2782											
Total Carga Instalada en Tomacorrientes														540	600											
de acuerdo seccion 220 de la norma NTC 2050																										
Demanda Maxima Primeros 20000 VA AL 100%																3890										
De 20001 VA a 100000 VA al 35%																0										
Demanda Maxima Total Diversificada																3890						VA				
Calculo de Protección																										
														$I = \frac{W}{v \times \sqrt{3} \times fp} \times 1,25$	$I = \frac{3.044}{124 \times \sqrt{3} \times 0,9} \times 1,25$	=	19,68	A								
														Proteccion Magnetica Tripolar 3 x 30 A												
Acometida																										
Conductor Seleccionado COBRE Aislado THHN / THHW LS-ZH Calibre # 10 AWG																										
El alimentador hacia TA-BAP1 es de (3 N°10 F +1 N°10 N +1 N°10 T ) AWG THHN LS-ZH por Tuberia de 3/4"																										
Regulación																										
% Regulacion=														kVA	x	distancia	x	k								
% Regulacion=														3,890	kVA	x	45	m	x	0,000553						
% Regulacion=																			0,10							

Nota: Fuente, autores.

En la tabla TA-2.2 ES P4 correspondiente al cuadro de cargas tablero de automáticos escaleras sistemas piso 4, que contiene la recolección de la información de cargas conectadas reales en esta

ubicación, donde cabe resaltar: carga total 3890 VA, corriente 19,68 A, protección 3x30 A, acometida 10 AWG, tubería mínima ¾", regulación 0,1%.

Tabla 4-16 TA-2.3 SA506 P5.

CUADRO DE CARGAS TABLERO AUTOMATICO 2.3 SALON 506 PISO 5 (TA-2.3 SA506 P5)																									
Capacidad 2 Circuitos																									
CIRCUITO	DESCRIPCION	MONOFASICA 180 VA	BIFASICA	TRIFASICA	1-LED 2x32W	2-LED 2x18 W	3-LED 2x36 W	4-FLUORESCENTE 2 x 39 W	5-FLUORESCENTE 2 x 75 W	6-FLUORESCENTE 2 x 32 W	7-AHORRADOR 40 W	8-LED 18 W	9-AUXILIAR 2 x 50 W	CARGA TOTAL INSTALADA (W) F.P=0,9	CARGA TOTAL INSTALADA (VA)	PERDIDAS POR ARMONICOS 15% ILUMINACION SEGUN FABRICANTE	CARGA TOTAL + PERDIDAS ARMONICOS (VA)	CARGA FASE R (VA)	CARGA FASE S (VA)	CARGA FASE T (VA)	CORRIENTE (A)	PROTECCION (A)	CALIBRE (AWG)		
1	2.3.1 SALÓN 505							4						312	347	52	399	399				3,22	1X15A	12	
2	2.3.2 SALONES 506, 507, 508, 509				2	0	0	10	1	0	0	0	0	1058	1176	176	1352	1352				10,90	1X15A	12	
		0	0	0	2	0	0	14	1	0	0	0	0	1370	1522	228	1751	1751	0	0	15,34	1X30A	10		
Calculo de la Demanda Maxima tomando como factor de potencia = 0,9 en bornes del tablero													(W)	(VA)											
Total Carga Instalada													1370	1522											
Total Carga Instalada en Iluminación													1370	1522											
Total Carga Instalada en Tomacorrientes													0	0											
de acuerdo seccion 220 de la norma NTC 2050																									
Demanda Maxima Primeros 20000 VA AL 100%															1751										
De 20001 VA a 100000 VA al 35%															0										
Demanda Maxima Total Diversificada															1751 VA										
Calculo de Protección																									
Acometida																									
Conductor Seleccionado COBRE Aislado THHN / THHW LS-ZH Calibre # 10 AWG																									
El alimentador hacia TA-BAP1 es de (1 N°10 F +1 N°10 N +1 N°10 T ) AWG THHN LS-ZH por Tubería de 3/4"																									
Regulación																									
% Regulacion=													kVA	x	distancia	x	k								
% Regulacion=													1,751	kVA	x	45	m	x	0,000553						
% Regulacion=																			0,04						

Nota: Fuente, autores.

En la tabla TA-2.3 SA506 P5 correspondiente al cuadro de cargas tablero de automáticos salón 506 piso 5, que contiene la recolección de la información de cargas conectadas reales en esta ubicación, donde cabe resaltar: carga total 1751 VA, corriente 15,34 A, protección 1x30 A, acometida 10 AWG, tubería mínima ¾", regulación 0,04%.

Tabla 4-17TA-2.4 SA510 P5.

CUADRO DE CARGAS TABLERO AUTOMATICO 2.4 SALON 510 PISO 5 (TA-2.4 SA510 P5)																												
Capacidad 2 Circuitos																												
CIRCUITO	DESCRIPCION	MONOFASICA 180 VA	BIFASICA	TRIFASICA	1-LED 2x32W	2-LED 2x18 W	3-LED 2x36 W	4-FLUORESCENTE 2 x 39 W	5-FLUORESCENTE 2 x 75 W	6-FLUORESCENTE 2 x 32 W	7-AHORRADOR 40 W	8-LED 18 W	9-AUXILIAR 2 x 50 W	CARGA TOTAL INSTALADA (W) F.P.=0,9	CARGA TOTAL INSTALADA (VA)	PERDIDAS POR ARMONICOS 15% ILUMINACION SEGÚN FABRICANTE	CARGA TOTAL + PERDIDAS ARMONICOS (VA)	CARGA FASE R (VA)	CARGA FASE S (VA)	CARGA FASE T (VA)	CORRIENTE (A)	PROTECCION (A)	CALIBRE (AWG)					
1	2.4.1 SALÓN 510 ILUMINACIÓN							6						468	520	78	598	598			4,82	1X15A	12					
2	2.4.2 SALON 510 TOMAS	2												360	400	60	460		460		3,71	1X15A	12					
		2	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	828	920	138	1058	598	460	0	9,27	1X30A	10					
Calculo de la Demanda Maxima tomando como factor de potencia = 0,9 en bornes del tablero																												
																				(W)	(VA)							
Total Carga Instalada																				828	920							
Total Carga Instalada en Iluminación																				468	520							
Total Carga Instalada en Tomacorrientes																				360	400							
de acuerdo seccion 220 de la norma NTC 2050																												
Demanda Maxima Primeros 20000 VA AL 100%																						1058						
De 20001 VA a 100000 VA al 35%																						0						
Demanda Maxima Total Diversificada																						1058	VA					
Calculo de Protección																												
$I = \frac{W}{v \times \text{fp}} \times 1,25 = \frac{828}{124 \times 0,9} \times 1,25 = 9,27 \text{ A}$																												
Proteccion Magnetica Monopolar 1 x 30 A																												
Acometida																												
Conductor Seleccionado COBRE Aislado THHN / THHW LS-ZH Calibre # 10 AWG																												
El alimentador hacia TA-BAP1 es de (1 N°10 F +1 N°10 N +1 N°10 T ) AWG THHN LS-ZH por Tubería de 3/4"																												
Regulación																												
% Regulacion=																				kVA	x	distancia	x	k				
% Regulacion=																				1,058	kVA	x	45	m	x	0,000553		
% Regulacion=																										0,03		

Nota: Fuente, autores.

En la tabla TA-2.4 SA510 P5 correspondiente al cuadro de cargas tablero de automáticos salón 510 piso 5, que contiene la recolección de la información de cargas conectadas reales en esta ubicación, donde cabe resaltar: carga total 1058 VA, corriente 9,27 A, protección 1x30 A, acometida 10 AWG, tubería mínima ¾", regulación 0,03%.



Tabla 4-19 TA-CST16 P5.

CUADRO DE CARGAS TABLERO AUTOMATICOS COORDINACION SISTEMAS TABLERO ELECTRICO 16 PISO 5(TA-CS T16 P5) COLOR GRIS																										
Capacidad 18 Circuitos																										
CIRCUITO	DESCRIPCION	MONOFASICA 180 VA	BIFASICA	TRIFASICA	1-LED 2x32 W	2-LED 2x18 W	3-LED 2x36 W	4-FLUORESCENTE 2 x 39 W	5-FLUORESCENTE 2 x 75 W	6-FLUORESCENTE 2 x 32 W	7-AHORRADOR 40 W	8-LED 18 W	9-AUXILIAR 2 x 50 W	CARGA TOTAL INSTALADA (W) F.P.=0,9	CARGA TOTAL INSTALADA (VA)	PERDIDAS POR ARMONICOS 15% ILUMINACION SEGÚN FABRICANTE	CARGA TOTAL + PERDIDAS ARMONICOS (VA)	CARGA FASER (VA)	CARGA FASES (VA)	CARGA FASET (VA)	CORRIENTE (A)	PROTECCION (A)	CALIBRE (AWG)			
1	FASE R TABLERO COORDINACION SISTEMAS													0	0	0	0	0								
3	FASE S TABLERO COORDINACION SISTEMAS													0	0	0	0		0							
5	FASE T TABLERO COORDINACION SISTEMAS													0	0	0	0		0							
7														0	0	0	0	0								
9	SEL	1												180	200	30	230		230		1,85	1X15A	12			
11														0	0	0	0		0							
13														0	0	0	0	0								
15														0	0	0	0	0								
17	RACK	1												180	200	30	230		230		1,85	1X15A	12			
2	SIST	1												180	200	30	230	230			1,85	1X15A	12			
4	SIST	1												180	200	30	230		230		1,85	1X15A	12			
6														0	0	0	0		0							
8														0	0	0	0	0								
10	SEL	1												180	200	30	230		230		1,85	1X15A	12			
12														0	0	0	0		0							
14														0	0	0	0	0								
16														0	0	0	0		0							
18														0	0	0	0		0							
		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	900	1000	150	1150	230	690	230	5,82	3X30A	10			
Calculo de la Demanda Maxima tomando como factor de potencia = 0,9 en bornes del tablero														(W)	(VA)											
Total Carga Instalada														900	1000											
Total Carga Instalada en Iluminación														0	0											
Total Carga Instalada en Tomacorrientes														900	1000											
de acuerdo seccion 220 de la norma NTC 2050																										
Demanda Maxima Primeros 20000 VA AL 100%															1150											
De 20001 VA a 100000 VA al 35%															0											
Demanda Maxima Total Diversificada															1150	VA										
Calculo de Protección																										
														Proteccion Magnetica Tripolar 3 x 30 A												
Acometida																										
Conductor Seleccionado COBRE Aislado THHN / THHW LS-ZH Calibre # 10 AWG																										
El alimentador hacia TA-BAP1 es de (3 N°10 F +1 N°10 N +1 N°10 T ) AWG THHN LS-ZH por Tubería de 3/4"																										
Regulación																										
% Regulacion=														kVA	x	distancia	x	k								
% Regulacion=														1,150	kVA	x	45	m	x	0,000553						
% Regulacion=																				0,03						

Nota: Fuente, autores.

En la tabla TA-CS T16 P5 correspondiente al cuadro de cargas y tablero de automáticos cuarto sistemas tablero eléctrico 16 piso 5, que contiene la recolección de la información de cargas

conectadas reales en esta ubicación, donde cabe resaltar: carga total 1150 VA, corriente 5,82 A, protección 3x30 A, acometida 10 AWG, tubería mínima ¾", regulación 0,03%.

Tabla 4-20 TA-DI P6.

CUADRO DE CARGAS TABLERO AUTOMATICOS DECANATURA INDUSTRIAL PISO 6(TA-DI P6) COLOR BLANCO																										
Capacidad 12 Circuitos																										
CIRCUITO	DESCRIPCION	MONOFASICA 180 VA	BIFASICA	TRIFASICA	1-LED 2x32W	2-LED 2x18 W	3-LED 2x36 W	4-FLUORESCENTE 2 x 39 W	5-FLUORESCENTE 2 x 75 W	6-FLUORESCENTE 2 x 32 W	7-AHORRADOR 40 W	8-LED 18 W	9-AUXILIAR 2 x 50 W	CARGA TOTAL INSTALADA (W) F.P.=0,9	CARGA TOTAL INSTALADA (VA)	PERDIDAS POR ARMONICOS 15% ILUMINACION SEGÚN FABRICANTE	CARGA TOTAL + PERDIDAS ARMONICOS (VA)	CARGA FASE R (VA)	CARGA FASE S (VA)	CARGA FASE T (VA)	CORRIENTE (A)	PROTECCION (A)	CALIBRE (AWG)			
1	N1	4												720	800	120	920	920				7,42	1X15A	12		
3														0	0	0	0	0	0	0						
5	R1	2												360	400	60	460			460	3,71	1X15A	12			
7														0	0	0	0	0	0							
9														0	0	0	0	0	0							
11														0	0	0	0		0							
2	N2	3												540	600	90	690	690			5,56	1X15A	12			
4														0	0	0	0	0	0							
6	R2	3												540	600	90	690			690	5,56	1X15A	12			
8														0	0	0	0	0	0							
10														0	0	0	0	0	0							
12	R3	3												540	600	90	690			690	5,56	1X15A	12			
		15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2700	3000	450	3450	1610	0	1840	17,46	3X30A	10			
Calculo de la Demanda Maxima tomando como factor de potencia = 0,9 en bornes del tablero																										
														(W)	(VA)											
Total Carga Instalada														2700	3000											
Total Carga Instalada en Iluminación														0	0											
Total Carga Instalada en Tomacorrientes														2700	3000											
de acuerdo seccion 220 de la norma NTC 2050																										
Demanda Maxima Primeros 20000 VA AL 100%																3450										
De 20001 VA a 100000 VA al 35%																0										
Demanda Maxima Total Diversificada																3450						VA				
Calculo de Protección																										
														$I = \frac{W}{V \times \sqrt{3} \times \text{fp}} \times 1,25$	$I = \frac{2.700}{124 \times \sqrt{3} \times 0,9} \times 1,25 = 17,46$	A										
														Proteccion Magnetica Tripolar 3 x 30 A												
Acometida																										
Conductor Seleccionado COBRE Aislado THHN / THHW LS-ZH Calibre # 10 AWG																										
El alimentador hacia TA-BAP1 es de (3 N°10 F +1 N°10 N +1 N°10 T ) AWG THHN LS-ZH por Tuberia de 3/4"																										
Regulación																										
% Regulacion=														kVA	x	distancia	x	k								
% Regulacion=														3,450	kVA	x	45	m	x	0,000553						
% Regulacion=																				0,09						

Nota: Fuente, autores.

En la tabla TA-DI P6 correspondiente al cuadro de cargas tablero de automáticos decanatura industrial piso 6, que contiene la recolección de la información de cargas conectadas reales en esta ubicación, donde cabe resaltar: carga total 3450 VA, corriente 17,46 A, protección 3x30 A, acometida 10 AWG, tubería mínima ¾", regulación 0,09%.

Tabla 4-21 TA-2.1 AUD P6.

CUADRO DE CARGAS TABLERO AUTOMATICOS 2.1 AUDITORIO PISO 6(TA-2.1 AUD P6) COLOR GRIS																									
Capacidad 12 Circuitos																									
CIRCUITO	DESCRIPCION	MONOFASICA 180 VA	BIFASICA	TRIFASICA	1-LED 2x32W	2-LED 2x18 W	3-LED 2x36 W	4-FLUORESCENTE 2 x 39 W	5-FLUORESCENTE 2 x 75 W	6-FLUORESCENTE 2 x 32 W	7-AHORRADOR 40 W	8-LED 18 W	9-AUXILIAR 2 x 50 W	CARGA TOTAL INSTALADA (W) F.P.=0,9	CARGA TOTAL INSTALADA (VA)	PERDIDAS POR ARMONICOS 15% ILUMINACION SEGUN FABRICANTE	CARGA TOTAL + PERDIDAS ARMONICOS (VA)	CARGA FASE R (VA)	CARGA FASE S (VA)	CARGA FASE T (VA)	CORRIENTE (A)	PROTECCION (A)	CALIBRE (AWG)		
1	2.1.1 LUCES AUDITORIO						2							156	173	26	199	199			1,61	1X15A	12		
3	2.1.3 LUCES AUDITORIO						4							312	347	52	399		399		3,22	1X15A	12		
5	2.1.5 TOMACORRIENTES AUDITORIO Y VIDEO BEAM	9												1620	1800	270	2070		2070		16,69	1X15A	12		
2	2.1.2 LUCES AUDITORIO						2							156	173	26	199	199			1,61	1X15A	12		
4	2.1.4 LUCES AUXILIARES											4	400	444	67	511		511			4,12	1X15A	12		
6														0	0	0	0		0						
		9	0	0	0	0	8	0	0	0	0	4	2644	2938	441	3378	399	910	2070	17,10	3X30A	10			
Calculo de la Demanda Maxima tomando como factor de potencia = 0,9 en bornes del tablero																									
													(W)	(VA)											
Total Carga Instalada													2644	2938											
Total Carga Instalada en Iluminación													1024	1138											
Total Carga Instalada en Tomacorrientes													1620	1800											
de acuerdo seccion 220 de la norma NTC 2050																									
Demanda Maxima Primeros 20000 VA AL 100%															3378										
De 20001 VA a 100000 VA al 35%															0										
Demanda Maxima Total Diversificada															3378 VA										
Calculo de Protección																									
													$I = \frac{2644}{124 \times \sqrt{3} \times 0,9} \times 1,25 = 17,10$	A											
													Proteccion Magnetica Tripolar 3 x 30 A												
Acometida																									
Conductor Seleccionado COBRE Aislado THHN / THHW LS-ZH Calibre # 10 AWG																									
El alimentador hacia TA-BAP1 es de (3 N°10 F +1 N°10 N +1 N°10 T ) AWG THHN LS-ZH por Tuberia de 3/4"																									
Regulación																									
% Regulacion=													kVA	x	distancia	x	k								
% Regulacion=													3,378	kVA	x	45	m	x	0,000553						
% Regulacion=																		0,08							

Nota: Fuente, autores.

En la tabla TA-2.1 AUD P6 correspondiente al cuadro de cargas tablero de automáticos 2.1 auditorio piso 6, que contiene la recolección de la información de cargas conectadas reales en esta ubicación, donde cabe resaltar: carga total 3378 VA, corriente 17,10 A, protección 3x30 A, acometida 10 AWG, tubería mínima ¾", regulación 0,08%.

Tabla 4-22 TA-AUX AUD P6.

CUADRO DE CARGAS TABLERO AUTOMATICOS AUXILIAR AUDITORIO PISO 6(TA-AUX AUD P6)																							
Capacidad 2 Circuitos																							
CIRCUITO	DESCRIPCION	MONOFASICA 180 VA	BIFASICA	TRIFASICA	1-LED 2x32W	2-LED 2x18 W	3-LED 2x36 W	4-FLUORESCENTE 2 x 39 W	5-FLUORESCENTE 2 x 75 W	6-FLUORESCENTE 2 x 32 W	7-AHORRADOR 40 W	8-LED 18 W	9-AUXILIAR 2 x 50 W	CARGA TOTAL INSTALADA (W) F.P=0,9	CARGA TOTAL INSTALADA (VA)	PERDIDAS POR ARMONICOS 15% ILUMINACION SEGÚN FABRICANTE	CARGA TOTAL + PERDIDAS ARMONICOS (VA)	CARGA FASE R (VA)	CARGA FASES (VA)	CARGA FASE T (VA)	CORRIENTE (A)	PROTECCION (A)	CALIBRE (AWG)
1	TOMAS AUDITORIO	2											6	960	1067	160	1227	1227			9,89	1X15A	12
2	LUCES TARIMA AUDITORIO			2									6	728	809	121	930	930			7,50	1X15A	12
		2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	12	1688	1876	281	2157	2157	0	0	10,92	1X30A	10
Calculo de la Demanda Maxima tomando como factor de potencia = 0,9 en bornes del tablero																							
																				(W)	(VA)		
Total Carga Instalada																				1688	1876		
Total Carga Instalada en Iluminación																				1328	1476		
Total Carga Instalada en Tomacorrientes																				360	400		
de acuerdo seccion 220 de la norma NTC 2050																							
Demanda Maxima Primeros 20000 VA AL 100%																					2157		
De 20001 VA a 100000 VA al 35%																					0		
Demanda Maxima Total Diversificada																					2157 VA		
Calculo de Protección																							
																				$I = \frac{W}{V \times \text{fp}} \times 1,25$	$I = \frac{1.688}{124 \times 0,9} \times 1,25 = 10,92 \text{ A}$		
Proteccion Magnetica Tripolar 1 x 30 A																							
Acometida																							
Conductor Seleccionado COBRE Aislado THHN / THHW LS-ZH Calibre # 10 AWG																							
El alimentador hacia TA-BAP1 es de (1 N°10 F +1 N°10 N +1 N°10 T ) AWG THHN LS-ZH por Tuberia de 3/4"																							
Regulación																							
% Regulacion=															kVA	x	distancia	x	k				
% Regulacion=															2,157	kVA	x	45	m	x	0,000553		
% Regulacion=																				0,05			

Nota: Fuente, autores.

En la tabla TA-AUX AUD P6 correspondiente al cuadro de cargas tablero de automáticos auxiliar auditorio piso 6, que contiene la recolección de la información de cargas conectadas reales en esta ubicación, donde cabe resaltar: carga total 2157 VA, corriente 10,92 A, protección 1x30 A, acometida 10 AWG, tubería mínima ¾", regulación 0,05%.

Tabla 4-23 Resumen de Cargas Instaladas.

RESUMEN DE CARGAS							
Tipo	Potencia W	Cantidad	$\phi$	FP	Subtotal kW	kVA	kVAR
Fluorescente	78	162	53,914	0,589	12,636	21,453	-10,414
Fluorescente	150	9	53,914	0,589	1,35	2,292	-1,113
Fluorescente	64	43	53,914	0,589	2,752	4,672	-2,268
Fluorescente	40	10	53,914	0,589	0,4	0,679	-0,33
halógeno	100	10	53,914	0,589	1	1,698	-0,824
Led	64	139	0	1	8,896	8,896	0
Led	36	8	0	1	0,288	0,288	0
Led	18	21	0	1	0,378	0,378	0
Lineal	180	215	25,842	0,9	38,7	43	28,002
Lineal	1500	11	45,573	0,7	16,5	23,571	23,567
<b>Totales</b>				<b>0,775</b>	<b>82,9</b>	<b>106,93</b>	<b>52,36</b>

Nota: Fuente, autores.

En la tabla resumen, notamos que se tienen diferentes tipos de cargas conectadas a la red eléctrica del edificio por lo que se agrupan en cantidades y potencias similares, también se incluyen las cargas lineales (tomacorrientes) para tener un dato general de cargas de la red.

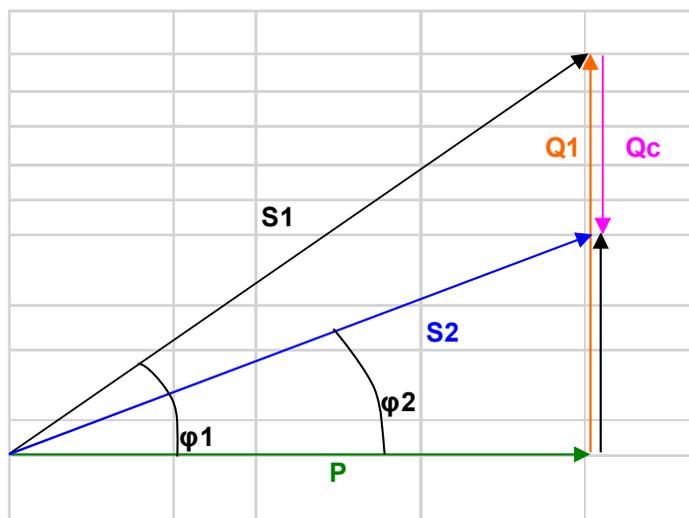
A continuación, con el fin de mejorar el factor de potencia se hace el análisis del factor de potencia con su corrección.

#### 4.3.7 Análisis del factor de potencia.

El factor de potencia es la relación de potencias aparente – activa, en donde esta relación debe acercarse idealmente a la unidad (1) para que toda la potencia se aproveche.

Para este análisis se tomaron en cuenta todas las cargas existentes y posteriormente se estableció un valor esperado de factor de potencia de 0.95, ya que se debe garantizar que el factor de potencia sea superior al 0,9 y así evitar penalizaciones por el operador de red.

Figura 4-2 Triangulo de Potencias.



Nota: Fuente, autores.

La figura triángulo de potencia muestra la forma fasorial de la representación gráfica de la potencia de la red analizada, valores que están consignados y explicados en la tabla a continuación:

Tabla 4-24 Corrección del factor de Potencia.

CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA			
<b>Potencia activa</b>	P	82,9	kW
<b>Cos <math>\varphi</math> inicial</b>	$\varphi 1$	0,77529	
<b>Tensión Nominal</b>	U	215	V
<b>I Aparente</b>	I	287,1391	A
<b>Potencia Aparente Inicial</b>	S1	106,928	kVA
<b>Cos <math>\varphi</math> buscado</b>	$\varphi 2$	0,95	
<b>Potencia aparente final</b>	S2	87,26316	kVA
<b>Potencia reactiva inicial</b>	Q1	52,36029	kVAr
<b>Potencia Reactiva Compensadora</b>	Qc	26,47477	kVAr

Nota: Fuente, autores.

Según la tabla podemos concluir que se hace necesario la instalación de un banco de condensadores de 27 kVAr para corregir y compensar el factor de potencia optimizándolo.

#### 4.3.8 *Distorsión armónica.*

La distorsión armónica genera una reducción en la vida útil de los equipos al generar corrientes indeseadas que no están contempladas dentro de los cálculos iniciales y que hacen variar la tensión de alimentación.

Este parámetro está tomando mayor importancia no solo en cumplimiento de la norma sino para que los proyectos cumplan con las máximas exigencias.

Para este análisis se usó el software Calculador de Armónicos de Merus (Anexo 1) Power Dynamics,(Power Dynamics, 2021) el cual fue alimentado con los siguientes Parámetros de entrada:

Tensión= 220 V.

Frecuencia= 60 Hz.

La potencia de cortocircuito aguas arriba= 50 MVA.

La potencia nominal del transformador= 300 kVA.

La impedancia de cortocircuito= 5 %.

Tipo de conexión= 4W.

Nivel de compensación= All harmonics.

Elevación= 2600 m.

Las corrientes de carga son derivadas de cargas predefinidas.

Carga de iluminación fluorescente= 30.795 kVA.

Carga lineal= 66.571429 kVA.

Carga de iluminación LED= 9.562 kVA.

Figura 4-3 Forma de onda distorsionada versus forma de onda sinusoidal ideal.



Nota:(Power Dynamics, 2021).

Los límites del estándar seleccionado son del 5%. De acuerdo con el RETIE en el numeral 20.11 cuando el THD, sea superior al 5%, los bancos de condensadores deben con reactancias de sincronización o filtros de armónicos (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, 2013). De acuerdo con los siguientes datos proporcionados por el software se puede apreciar que no superan el máximo permisible.

Tabla 4-25 Distorsiones armónicas y los límites del estándar sin filtrado activo de los armónicos.

Orden armónico	Corriente	Corriente	Límite	Tensión	Tensión	Límite
1	280.61 A	100%	%	127.02 V	100%	%
3	11.87 A	4.23 %	0%	0.32 V	0.25 %	5%
5	12.27 A	4.37 %	5%	0.55 V	0.44 %	5%
7	8.47 A	3.02 %	5%	0.54 V	0.42 %	5%
9	7.17 A	2.55 %	5%	0.58 V	0.46 %	5%
11	6.59 A	2.35 %	5%	0.66 V	0.52 %	5%
13	0,16 A	1.43 %	5%	0.47 V	0.37 %	5%
15	3.7 A	1.32 %	5%	0.5 V	0.4 %	5%
17	5.21 A	1.86 %	5%	0.8 V	0.63 %	5%
19	5.54 A	1.97 %	5%	0.95 V	0.75 %	5%
21	4.13 A	1.47 %	5%	0.78 V	0.62 %	5%
23	4.39 A	1.56 %	5%	0.91 V	0.72 %	5%
25	5.3 A	1.89 %	5%	1.2 V	0.94 %	5%
27	4.64 A	1.65 %	5%	1.13 V	0.89 %	5%
29	3.72 A	1.33 %	5%	0.98 V	0.77 %	5%
31	3.47 A	1.24 %	5%	0.97 V	0.77 %	5%
33	3.89 A	1.39 %	5%	1.16 V	0.91 %	5%
35	2.51 A	0.89 %	5%	0.79 V	0.62 %	5%
37	1.25 A	0.45 %	5%	0.42 V	0.33 %	5%
39	1.25 A	0.45 %	0,05	0.44 V		5%

Nota: (Power Dynamics, 2021).

En la tabla se muestran los diferentes valores teóricos correspondientes al cálculo que realiza el software para cada armónico y su impacto en cada variable (corriente, tensión.).

#### 4.4 Análisis de coordinación de aislamiento.

Este análisis se realiza para todas las subestaciones (Transformadores) de acuerdo con el numeral 20.14.2 (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, 2013). El objeto de este TIG se limita al bloque dos y como este edificio se encuentra aguas abajo del tablero general de distribución, no abordaremos el detalle de este punto.

Sin embargo, En el anexo: Informe selección DPS, se adjunta una selección de DPS sugerida, en caso de que la universidad quiera tomarla en cuenta para posteriores modificaciones.

#### 4.5 Análisis de corto circuito y falla a tierra.

Este análisis se realiza en el secundario con la impedancia de corto circuito aproximada del transformador.

Tabla 4-26 Cálculo de corriente de corto circuito en baja tensión.

<b>Corriente de corto circuito <math>I_{cc}</math> para transformador de 300 kVA</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>Potencia aparente</b>	S	KVA	300
<b>Nivel de Tensión secundaria</b>	$V_s$	V	215
<b>Corriente Nominal del secundario</b>	$I_s = KVA / (KV * 1,732)$	A	806
<b>Impedancia de corto circuito</b>	Z	Ohm	5%
<b>Corriente de corto circuito <math>I_{cc}</math></b>	$I_{cc} = (I_s / U_z)$	A	16113
<b>Corriente calculada de corto circuito</b>		<b>kA</b>	<b>16,11</b>

Nota: Fuente, autores.

De acuerdo con el nivel de tensión del secundario y la impedancia de corto circuito, se obtiene que las protecciones instaladas en baja tensión deben soportar una corriente de cortocircuito de

15KA de acuerdo con las referencias comerciales. En el anexo 3 se adjuntan referencias de diferentes marcas que pueden aplicar para cada una de las protecciones.

#### 4.6 Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.

Se debe realizar una evaluación del riesgo eléctrico por rayos a todas las instalaciones, especialmente las de uso final donde se tenga alta concentración de personas, entre estos los centros educativos, igualmente aplica a edificaciones con alturas que sobresalgan entre las de su entorno.

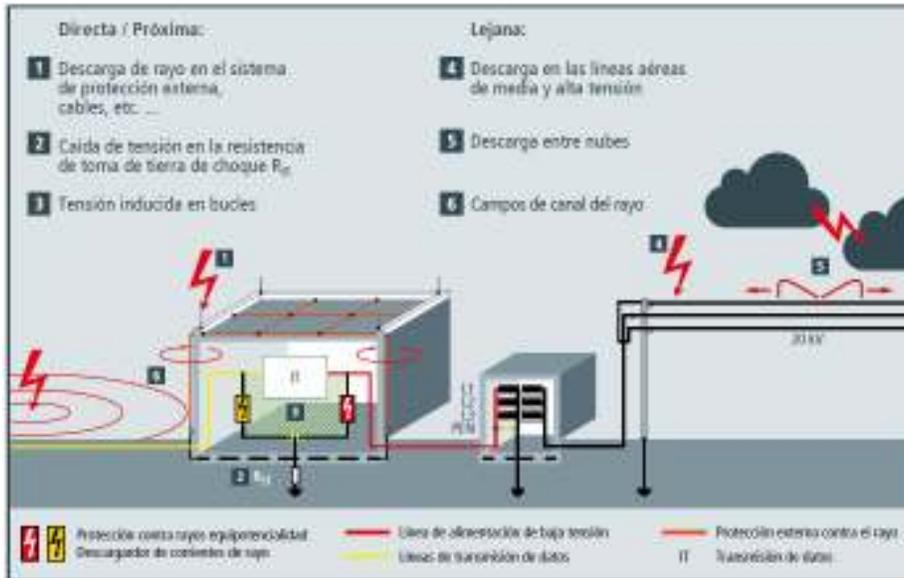
Tabla 4-27 Matriz de riesgo según RETIE.

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO ELÉCTRICO											
RIESGO A EVALUAR	ELECTROUCIÓN		CONTACTO DIRECTO			DESCARGAS ATMOSFÉRICAS					
	EVENTO O EFECTO		FACTORES DE RIESGO			FUENTE					
POTENCIAL: X	REAL:				FRECUCENCIA						
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	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	FRECUCENCIA	NIVEL							
1,	EN PERSONAS		4	D	MEDIO						
2,	ECONOMICAS		3	D	MEDIO						
3,	AMBIENTALES		2	D	BAJO						
4,	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		2	D	BAJO						
<b>RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO:</b>											
SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:											
INSTALAR UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ADECUADO CON EL FIN DE MINIMIZAR EL VALOR DE LA RESISTENCIA A TIERRA											
INSTALAR AVISOS DE PREVENCIÓN POR ELECTROUCIÓN											
VERIFICAR ALTURAS Y DISTANCIAS DE SEGURIDAD											
EL PERSONAL A TRABAJAR EN LA RED DEBE SER CAPACITADO Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, CALZADO, CASCO, GUANTES Y GAFAS CONTRA RAYOS ULTRAVIOLETA											

Nota: Modelo del RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, 2013).

Cuando se realiza la evaluación de riesgo se deben tener en cuenta todos los sistemas interconectados que tiene la estructura como se puede interpretar en la siguiente figura.

Figura 4-4 Variables del entorno a evaluar.

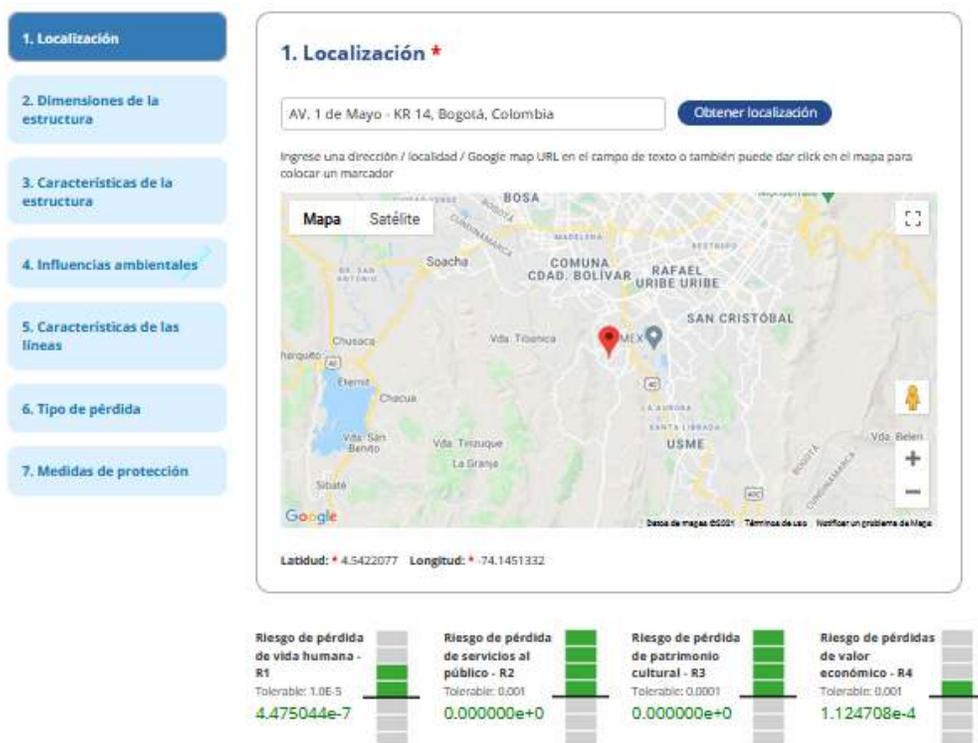


Nota: (Suarez Martinez, 2016).

Para este análisis se usó el software online CALCULUS (Anexo 4) desarrollado por INGESCO LIGHTNING SOLUTION bajo la norma IEC 62305-2 en la cual se basa la norma técnica colombiana NTC 4552-2 protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos). Parte 2: manejo del riesgo (Icontec Ntc4552-2, 2008). Y en las normas NFC 17-102 Y UNE 21186 El informe arrojado por este software constituye el anexo 4 de este TIG.

Para el caso de la Universidad Antonio Nariño, la sede sur se encuentra localizada en Bogotá (Colombia) con coordenadas: Latitud: 4.5422077 longitud: -74.1451332.

Figura 4-5 Localización.



Nota: (Desarrollos S.L., 2021).

De acuerdo con la medida del mapa satelital, se ingresan los datos de las dimensiones del edificio en la siguiente pantalla.

Figura 4-6 Dimensiones de la estructura.

**2. Dimensiones de la estructura \***

Descripción corta \*

Edificio Bloque dos

Longitud de la estructura (L) [m]

26.22

Ancho de la estructura (M) [m]

40

Alcance hasta el techo (H) [m]

20.00

¿Hay estructuras que sobresalen del techo? \*

No

Sí

Riesgo de pérdida de vida humana - R1	Riesgo de pérdida de servicios al público - R2	Riesgo de pérdida de patrimonio cultural - R3	Riesgo de pérdida de valor económico - R4
Tolerable: 1.0E-5	Tolerable: 0.001	Tolerable: 0.0001	Tolerable: 0.001
4.985436e-7	0.000000e+0	0.000000e+0	1.146590e-4

Nota: (Desarrollos S.L, 2021).

Posteriormente se ingresan generalidades acerca de la construcción de la torre y el riesgo de fuego o explosión.

Figura 4-7 Características de la estructura.

**3. Características de la estructura \***

Riesgo de fuego o explosión (R) \*

Bajo

Tipo edificio \*

Hormigón armado

Ubicación de la persona \*

Interior

Riesgo medioambiental \*

No

Sí

**AYUDA**

Riesgo de que un impacto de rayo provoque un incendio (R):

- \* Zona explosiva 0: 33 (atmósfera explosiva está presente de manera continua) - 1
- \* Zona explosiva 1: 21 (atmósfera explosiva está presente de manera ocasional) - 0.01
- \* Zona explosiva 2: 12 (atmósfera explosiva está presente durante pequeños períodos de tiempo) - 0.001
- \* Riesgo de incendio alto (Estructura con una carga de incendio mayor de 850 MJ/m<sup>2</sup>) - 0.1

Riesgo de pérdida de vida humana - R1	Riesgo de pérdida de servicios al público - R2	Riesgo de pérdida de patrimonio cultural - R3	Riesgo de pérdida de valor económico - R4
Tolerable: 1.0E-5	Tolerable: 0.001	Tolerable: 0.0001	Tolerable: 0.001
4.985436e-7	0.000000e+0	0.000000e+0	1.146590e-4

Nota:(Desarrollos S.L, 2021).

En la siguiente pantalla se ingresan los datos de las influencias ambientales y del entorno. De acuerdo con el estudio realizado por el IDEAM en conjunto con la alcaldía de Bogotá, se producen en promedio 88 tormentas por año en Bogotá. (IDEAM, 2004).

Figura 4-8 Influencias Ambientales.

**4. Influencias ambientales \***

Situación de la estructura (CE) \*

Altura similar

Factor medioambiental (CE) \*

Urbano

Días de tormentas por año (DE) \*

00,00

Mapa de isopetas

América del Sur

**Riesgo de pérdida de vida humana - R1**  
 Puntuación: 1,20E-5  
 3.509699e-5

**Riesgo de pérdida de servicios al público - R2**  
 Puntuación: 0,00E0  
 0.000000e+0

**Riesgo de pérdida de patrimonio cultural - R3**  
 Puntuación: 0,00E0  
 0.000000e+0

**Riesgo de pérdidas de valor económico - R4**  
 Puntuación: 0,00E1  
 1.647468e-2

Nota:(Desarrollos S.L, 2021).

Se puede visualizar en el menú de ayuda, que el software asigna un valor de puntuación de acuerdo con las características ingresadas, con el fin de arrojar los cálculos en el informe.

En la siguiente pantalla se ingresan los datos de la línea y las características del cable.

Figura 4-9 Características de las líneas.

The screenshot shows a software interface for configuring line characteristics. On the left, a sidebar contains seven steps: 1. Localización, 2. Dimensiones de la estructura, 3. Características de la estructura, 4. Influencias ambientales, 5. Características de las líneas (highlighted), 6. Tipo de pérdida, and 7. Medidas de protección. The main form, titled '5. Características de las líneas', includes the following fields:

- Número de líneas enterradas: 3
- Tipo de línea (CT): Líneas RT y telecomunicaciones o líneas de datos
- Fase de instalación de la línea (CT): Enterrado
- Tipo de cableado interno (RT): Cable no apantallado - sin precauciones de cables
- ¿La pantalla está conectada a la barra de equipotencial (PEM)? No conectada
- Tensión separada (ZAT): Equipo eléctrico

To the right of the form is an 'AYUDA' (Help) section with the text: 'Tensión separada (ZAT): • Equipo muy sensible: 1 • Equipo electrónico: 2,3 • Panel eléctrico: 4 • Línea de entrada: 5'. Below the form is a risk assessment bar with four categories and their corresponding values:

Riesgo de pérdida de vida humana - R1	Riesgo de pérdida de servicios al público - R2	Riesgo de pérdida de patrimonio cultural - R3	Riesgo de pérdidas de valor económico - R4
Tolerancia: 1.0E-6	Tolerancia: 0.0E+0	Tolerancia: 0.0E+0	Tolerancia: 0.0E+0
2.793218e-7	0.000000e+0	0.000000e+0	1.112742e-4

Nota:(Desarrollos S.L, 2021).

En los tipos de pérdida hay que ingresar los datos requeridos en cada uno de los tipos:

Tipo 1: Pérdida de vidas humanas.

Tipo 2: Pérdida del servicio al público.

Tipo 3: Pérdida de patrimonio cultural irremplazable.

Tipo 4: Pérdida económica.

Figura 4-10 Tipo de pérdida.

Nota:(Desarrollos S.L, 2021).

En el recuadro de medidas de protección se ingresan los datos de las protecciones existentes o, en caso de que no existan, se puede indicar la opción “sin protección”. En este caso como se ignora si existe este tipo de protecciones, se indica la última opción.

Figura 4-11 Medidas de protección.

Nota:(Desarrollos S.L, 2021).

Figura 4-12 Resumen de riesgos.

	Riesgo tolerable $R_t$	Riesgo $R_{TOTAL} = R_D + R_t$
Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas	1.0e-05	3.589699e-5
Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales	0.001	0.000000e+0
Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural	0.0001	0.000000e+0
Tipo 4 - Pérdidas económicas	0.001	1.647448e-2

El riesgo máximo tolerable se encuentra descrito en la tabla 4 de la norma IEC 62305 - 2, en el capítulo 5.3. Cualquier valor de riesgo total calculado debe ser inferior a los valores establecidos por la norma, de lo contrario, se deberán aplicar medidas mayores o incluso complementarias, que reduzcan este valor a un nivel inferior al tolerable.

Nota: (Desarrollos S.L, 2021)El comentario al pie de la tabla, lo arroja directamente el software de análisis. De acuerdo con los resultados arrojados por el software, al no contar con un sistema de protección contra rayos, el riesgo es no tolerable de acuerdo con la norma IEC 62305-4 en la cual está basada el software y que es consecuente con la norma NTC 4552-2, de forma que debe ser implementado un sistema de protección contra rayos SIPRA diseñado de acuerdo con la norma NTC 4552-3.

#### 4.7 Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

Se considera que existe un riesgo cuando las situaciones convergen en el suceso de un accidente, estas se presentan por cambios en las condiciones humanas o ambientales y su gravedad dependerá directamente de la exposición al riesgo. En este caso el nivel de riesgo expresa la probabilidad de que ocurra un evento adverso de origen eléctrico que ocasione un accidente, la gravedad que éste podría presentar y cuáles son las características del entorno que podrían favorecer el aumento de dicha probabilidad. Sus factores determinantes son la gravedad y la probabilidad, en torno a estos factores se desarrolla la matriz de riesgos asociados y de acuerdo con el panorama reflejado se tomarán las medidas necesarias para el manejo integral del riesgo. A continuación, se muestra la matriz del riesgo para la instalación objeto de nuestro estudio.

Tabla 4-28 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo contacto directo, subestación.

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO ELÉCTRICO										
RIESGO EVALUAR	EFECTOS/EFECTO		por CONTACTO DIRECTO (44 kV/66)			FUENTE				
	SANTO DOMINGO		FACTORES/RIESGO			FRECUENCIA				
POTENCIA	RISGO		En la imagen de la empresa			F	D	C	R	A
	En personas	Económicas	Ambientales			Mucha ocurrencia en el sector	No ocurrencia en el sector	No ocurrencia en la Empresa	Desde medio sector al año en la Empresa	Desde medio voces al año en la Empresa
RISGO MÁS ALTO A EVALUAR	De 5 o más eventos	Daño grave en infraestructura, interrupción nacional	Contaminación irreversible	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Interrupción parcial permanente	Daños menores, fallas de subestación	Contaminación menor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Interrupción temporal (1-3 días)	Daños menores, interrupción regional	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Localización (de interrupción)	Daños menores, interrupción local	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Alcance Nacional (efecto ambiental/ laboral)	Daños leves, No interrupción	Se reduce	Nacional	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
	ELABORADOR	Juan Calderon/ Rocana Williams		MP				FCMA	5/16/2001	
Conclusión			CONCURRENCIA	FRECUENCIA	NIVEL					
1.	EN PERSONAS	5	D	MEDIO						
2.	ECONÓMICAS	4	D	MEDIO						
3.	AMBIENTALES	3	D	BAJO						
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	4	D	MEDIO						
RIESGO MÁS ALTO A EVALUAR MEDIO										

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se evidencia que el riesgo más alto por contacto directo en la subestación en evaluación es nivel medio.

Tabla 4-29 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo arco eléctrico, subestación.

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO										
RIESGO A EVALUAR	QUEMADURAS EVENTO O EFECTO		por ARCO ELÉCTRICO (al) o (en) FACTORES DE RIESGO				SUBESTACIÓN FUENTE			
POTENCIAL: X	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	
EVALUADOR	Juan Calderon/ Jhoana Villarruel			MP		FECHA	5/05/2021			
Conclusión					CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL			
1,	EN PERSONAS		5	D	MEDIO					
2,	ECONOMICAS		4	D	MEDIO					
3,	AMBIENTALES		3	D	BAJO					
4,	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		4	D	MEDIO					
RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.										

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se evidencia que el riesgo más alto por arco eléctrico en la subestación en evaluación es nivel medio.

Tabla 4-30 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo Descargas Atmosféricas, subestación.

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO											
RIESGO A EVALUAR	ELECTROCUCION		por <u>DESCARGAS ATMOSFERICAS</u> (al) o (en)				SUBESTACION				
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO				FUENTE				
POTENCIAL: X	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	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	
EVALUADOR	Juan Calderon/ Jhoana Villarruel			MP		FECHA	5/05/2021				
Conclusión			CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL						
1,	EN PERSONAS		5	D	MEDIO						
2,	ECONOMICAS		4	D	MEDIO						
3,	AMBIENTALES		3	D	BAJO						
4,	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		4	D	MEDIO						
RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.											

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se evidencia que el riesgo más alto por descargas atmosféricas en la subestación en evaluación es nivel medio.

Tabla 4-31 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo Tensión de paso, subestación.

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO										
RIESGO A EVALUAR	ELECTROCUCION		TENSION DE PASO				SUBESTACION			
	EVENTO O EFECTO		por (al) o (en)				FUENTE			
POTENCIAL: X	REAL:				FACTOR DE RIESGO					
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	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
EVALUADOR	Juan Calderon/ Jhoana Villarruel			MP		FECHA	5/05/2021			
Conclusión			CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL					
1,	EN PERSONAS		5	D	MEDIO					
2,	ECONOMICAS		4	D	MEDIO					
3,	AMBIENTALES		3	D	BAJO					
4,	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		4	D	MEDIO					
RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.										

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se evidencia que el riesgo más alto por tensión de paso en la subestación en evaluación es nivel medio.

Tabla 4-32 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo contacto indirecto, subestación.

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO										
RIESGO A EVALUAR	ELECTROCUCION		por CONTACTO INDIRECTO (al) o (en)				SUBESTACION			
	EVENTO O EFECTO		FACTORES DE RIESGO				FUENTE			
POTENCIAL: X	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	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	
EVALUADOR	Juan Calderon/ Jhoana Villarruel			MP		FECHA	5/05/2021			
Conclusión					CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL			
1,	EN PERSONAS		5	D	MEDIO					
2,	ECONOMICAS		4	D	MEDIO					
3,	AMBIENTALES		3	D	BAJO					
4,	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		4	D	MEDIO					
RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.										

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se evidencia que el riesgo más alto por contacto indirecto en la subestación en evaluación es nivel medio.

Tabla 4-33 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo cortocircuito, subestación.

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO											
RIESGO A EVALUAR	ELECTROUCUCION		por CORTOCIRCUITO (al) o (en)				SUBESTACION				
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO				FUENTE				
POTENCIAL: X	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	
EVALUADOR	Juan Calderon/ Jhoana Villarruel			MP			FECHA	5/05/2021			
Conclusión			CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL						
1,	EN PERSONAS		5	D	MEDIO						
2,	ECONOMICAS		4	D	MEDIO						
3,	AMBIENTALES		3	D	BAJO						
4,	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		4	D	MEDIO						
RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.											

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se evidencia que el riesgo más alto por cortocircuito en la subestación en evaluación es nivel medio.

Tabla 4-34 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo energía estática, subestación.

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO											
RIESGO A EVALUAR	CHOQUE		por ENERGÍA ESTÁTICA (al) o (en)				SUBESTACIÓN				
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO				FUENTE				
POTENCIAL: X	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	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	
EVALUADOR	Juan Calderon/ Jhoana Villarruel		MP			FECHA	5/05/2021				
Conclusión		CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL							
1,	EN PERSONAS	4	D	MEDIO							
2,	ECONOMICAS	3	D	BAJO							
3,	AMBIENTALES	3	D	BAJO							
4,	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	3	D	BAJO							
RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.											

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se evidencia que el riesgo más alto por energía estática en la subestación en evaluación es nivel medio.

Tabla 4-35 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo contacto directo, centro de carga.

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO											
RIESGO A EVALUAR	ELECTROCUCCION		por CONTACTO DIRECTO (al) o (en)			CENTROS DE CARGA					
	EVENTO O EFECTO		FACTORES DE RIESGO			FUENTE					
POTENCIAL: X	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	
EVALUADOR	Juan Calderon/ Jhoana Villarruel			MP		FECHA	5/05/2021				
Conclusión			CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL						
1,	EN PERSONAS		5	D	MEDIO						
2,	ECONOMICAS		4	D	MEDIO						
3,	AMBIENTALES		3	D	BAJO						
4,	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		4	D	MEDIO						
RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.											

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se evidencia que el riesgo más alto por contacto directo en los centros de carga en evaluación es nivel medio.

Tabla 4-36 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo Descarga atmosférica, centros de carga.

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO										
RIESGO A EVALUAR	ELECTROCUSSION		DESCARGAS ATMOSFERICAS				CENTROS DE CARGA			
	EVENTO O EFECTO		por (a) o (en)				FUENTE			
POTENCIAL: X	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	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	
EVALUADOR	Juan Calderon/ Jhoana Villarruel			MP		FECHA	5/05/2021			
Conclusión		CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL						
1,	EN PERSONAS	5	D	MEDIO						
2,	ECONOMICAS	4	D	MEDIO						
3,	AMBIENTALES	3	D	BAJO						
4,	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	4	D	MEDIO						
RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.										

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se evidencia que el riesgo más alto por descargas atmosféricas en los centros de carga en evaluación es nivel medio.

Tabla 4-37 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo Tensión de paso, centros de carga.

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO											
RIESGO A EVALUAR	ELECTROCUSSION		TENSION DE PASO				CENTROS DE CARGA				
	EVENTO O EFECTO		por (al) o (en)				FUENTE				
POTENCIAL: X	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	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	MUY ALTO
		Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional		4	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
		Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional		3	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO
		Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local		2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO
	Molesta funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna		1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	
EVALUADOR	Juan Calderon/Jhoana Villarruel			MP		FECHA	5/05/2021				
Conclusión			CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL						
1,	EN PERSONAS		5	D	MEDIO						
2,	ECONOMICAS		4	D	MEDIO						
3,	AMBIENTALES		3	D	BAJO						
4,	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		4	D	MEDIO						
RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.											

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se evidencia que el riesgo más alto por tensión de paso en los centros de carga en evaluación es nivel medio.

Tabla 4-38 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo Contacto Indirecto, centros de carga.

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO										
RIESGO A EVALUAR	ELECTROCUCION		por CONTACTO INDIRECTO (al) o (en)			CENTROS DE CARGA				
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO								
POTENCIAL: X		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	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	
EVALUADOR	Juan Calderon/ Jhoana Villarruel		MP			FECHA	5/05/2021			
Conclusión		CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL						
1,	EN PERSONAS	5	D	MEDIO						
2,	ECONOMICAS	4	D	MEDIO						
3,	AMBIENTALES	3	D	BAJO						
4,	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	4	D	MEDIO						
RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.										

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se evidencia que el riesgo más alto por contacto indirecto en los centros de carga en evaluación es nivel medio.

Tabla 4-39 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo Cortocircuito, centros de carga.

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO										
RIESGO A EVALUAR	ELECTROCUCION		CORTOCIRCUITO			CENTROS DE CARGA				
	EVENTO O EFECTO		por (al) o (en)			FUENTE				
POTENCIAL: X	REAL:				FACTOR DE RIESGO					
CONSECUENCIAS	REAL:		En la imagen de la empresa		FRECUENCIA					
	E	D	C	B	A					
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	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	
EVALUADOR	Juan Calderon/ Jhoana Villarruel		MP			FECHA	5/05/2021			
Conclusión			CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL					
1,	EN PERSONAS		5	D	MEDIO					
2,	ECONOMICAS		4	D	MEDIO					
3,	AMBIENTALES		3	D	BAJO					
4,	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		4	D	MEDIO					
RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.										

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se evidencia que el riesgo más alto por cortocircuito en los centros de carga en evaluación es nivel medio.

Tabla 4-40 Matriz Evaluación del Nivel de riesgo Energía Estática, centros de carga.

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO										
RIESGO A EVALUAR	CHOQUE		por ENERGÍA ESTÁTICA (al) o (en)			CENTROS DE CARGA				
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO			FUENTE				
POTENCIAL: X	REAL:				FRECUCENCIA					
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	
EVALUADOR	Juan Calderon/ Jhoana Villarruel		MP	FECHA	5/05/2021					
Conclusión		CONSECUENCIA	FRECUCENCIA	NIVEL						
1,	EN PERSONAS	4	D	MEDIO						
2,	ECONOMICAS	3	D	BAJO						
3,	AMBIENTALES	3	D	BAJO						
4,	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	3	D	BAJO						
RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.										

Nota: Fuente, autores.

En la tabla se evidencia que el riesgo más alto por energía estática en los centros de carga en evaluación es nivel medio.

De acuerdo con el nivel de riesgo medio se deben tomar las medidas indicadas en la tabla 9.4 del RETIE “decisiones y acciones para controlar el riesgo”.

Tabla 4-41 Extracto de tabla 9.4.

NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	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.

Nota: (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, 2013).

#### 4.8 Análisis del nivel de tensión requerido.

Para el caso del bloque dos de la sede sur, se diseña conforme con la norma NTC2050 y RETIE.

Para determinar el nivel de tensión de conexión de la carga según NTC 1340 se contempla la configuración de la red de media tensión (1kV - 57,5 kV), Esquema Anillo Abierto. La conexión

está realizada en baja tensión desde la salida del secundario del transformador a 215-124V al tablero de distribución general de la sede sur alimentado por tres cables calibre 500 MCM por fase, llegando a un totalizador de 800A el cual alimenta el barraje donde se encuentran los puntos de conexión que suministran la potencia requerida para el ala administrativa y el ala auditorio del bloque dos, de acuerdo con los cuadros de cargas realizados.

#### **4.9 Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1.**

El suministro de energía del bloque dos se alimenta de la subestación existente en la sede Sur, no es necesario considerar el ítem de campos electromagnéticos, pues no se evidencian líneas o una subestación de tensión superior a 57,5 kV en las proximidades del edificio, según artículo 14.4 del RETIE.

#### **4.10 Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.**

Teniendo en cuenta los criterios definidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (Capítulos 2 y 3), El suministro de energía del bloque dos proviene de la subestación existente en la sede Sur, en este diseño detallado no se incluye la subestación, por esta razón no se considera el cálculo del transformador, ya que el diseño objeto de este TIG se limita a los edificios del bloque dos a partir del totalizador del tablero general de distribución cuyo barraje se calculó de la siguiente forma de acuerdo con la especificación técnica ET908 de CODENSA “Tablero general de acometidas” anexo 2 Dimensiones de barrajes y cálculo de esfuerzos electrodinámicos. (CODENSA, 2013). Para comprobar que un barraje de dimensiones conocidas, resiste un esfuerzo, debido a las fuerzas creadas entre barrajes por un corto circuito, se puede seguir el

procedimiento de verificación de la resistencia mecánica de barrajes al corto circuito:  
Determinando la corriente de corto circuito que fluye del transformador hasta el barraje.

$$I_{cu} = \frac{\text{Potencia del Transformador}}{\text{Voltaje Secundario} * \sqrt{3} * \text{Impedancia del transformador}}$$

$$I_{cu} = \frac{300.000}{215 * \sqrt{3} * 0,05}$$

$$I_{cu} = 16,112 \text{ kA}$$

Con este valor de corriente, la longitud del barraje y el espaciamiento entre barras, se determina la fuerza FH de repulsión (si las corrientes fluyen en sentido contrario) o atracción (si fluyen en el mismo sentido) entre los barrajes según la siguiente fórmula:

$$FH = 0,2 * ICC^2 * \frac{L}{a}$$

Donde

ICC= Es la corriente de cortocircuito a ser soportada por la barra y está expresada en kA.

L= Es la longitud de la barra expresada en cm.

a= Es la distancia entre las barras tomada desde los centros de estas (no debe ser inferior a 1,9 cm). Estos datos de acuerdo con la especificación técnica ET908 (CODENSA, 2013).

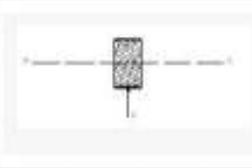
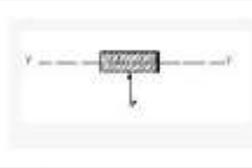
$$FH = 0.2 * 16,11^2 * \frac{100}{8,3}$$

$$FH = 625,5 \text{ N}$$

Posteriormente determinamos el valor del módulo de la sección (Wx y Wy).

Figura 4-13 Extracto de la tabla anexo 5 ET908.

ANEXO 1. CAPACIDAD AMPERIMÉTRICA DE BARRAJES RECTANGULARES EN COBRE

ANCHO X ESPESOR	ÁREA mm <sup>2</sup>	PESO kg/m	CORRIENTE ALTERNA 60Hz		CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO			
			BARRAS					
			PINTADA					
			1	2	IX	WX	IY	WY
I	II	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>			
12 x 2	24	0,21	165	297	0,0288	0,048	0,0008	0,008
15 x 2	30	0,27	204	356	0,0562	0,075	0,001	0,01
15 x 3	45	0,4	244	435	0,084	0,112	0,003	0,022
20 x 2	40	0,35	230	462	0,133	0,133	0,0013	0,0133
20 x 3	60	0,54	323	561	0,2	0,2	0,0045	0,03
20 x 5	100	0,89	429	739	0,333	0,333	0,208	0,083
25 x 3	75	0,57	496	686	0,39	0,312	0,005	0,037
25 x 5	125	1,11	521	884	0,651	0,521	0,026	0,104
30 x 3	90	0,8	468	805	0,675	0,45	0,007	0,045
30 x 5	150	1,34	594	1029	1,125	0,75	0,031	0,125
40 x 3	120	1,07	607	1042	1,6	0,8	0,009	0,06
40 x 5	200	1,78	792	1320	2,666	1,333	0,042	0,166
40 x 10	400	3,56	1122	1980	5,333	2,666	0,333	0,666
50 x 5	250	2,25	950	1610	5,2	2,08	0,052	0,208
50 x 10	500	4,45	1359	2376	10,4	4,16	0,416	0,833
60 x 5	300	2,67	1122	1887	9	3	0,063	0,25

Nota: (CODENSA, 2013).

Para la sede Sur, los barrajes existentes son de 50X10 mm con una separación entre barras de 8.3 cm entre centros. De acuerdo con estos datos y el anexo 1 de la ET908, el barraje instalado tiene las siguientes características:

Dimensiones: 50 \* 10 cm.

Separación entre barras desde los centros: 8,3 cm.

$$Wx = 4,16 \text{ cm}^3$$

$$Wy = 0,833 \text{ cm}^3$$

Capacidad de corriente: 1.359 A.

Se encuentra el valor del esfuerzo sobre el conductor principal (Sigma H) según la siguiente fórmula.

$$\text{Sigma H} = \beta \times (\text{FH} \times \text{L}) / (8\text{W}).$$

Donde L es la longitud de la barra y  $\beta=1$  para barras soportadas.

$$\text{Sigma H}_x = 1 \times (625.5\text{N} \times 120 \text{ cm}) / (8 \times 4.16\text{cm}^3) = 2.255,4 \text{ N/cm}^2.$$

$$\text{Sigma H}_y = 1 \times (625.5\text{N} \times 120 \text{ cm}) / (8 \times 0.833\text{cm}^3) = 11.263 \text{ N/cm}^2.$$

Se verifica el barraje para ver si cumple con el requisito de resistencia al corto circuito para el material indicado.

Se calcula FX y FY:

$$\text{FX} = 0,2 \times 16,1^2 \times 120 / (8,3 \times 2,5) = 299,8 \text{ N.}$$

$$\text{FY} = 0,2 \times 16,1^2 \times 120 / (8,3 \times 0,5) = 1.499,04 \text{ N.}$$

Cálculo de esfuerzos:

$$\text{Sigma H}_x = 1 \times (299,8 \times 120) / (8 \times 4,16) = 1.081 \text{ N/ cm}^2.$$

$$\text{Sigma H}_y = 1 \times (1.499,04 \times 120) / (8 \times 0.833) = 26.993 \text{ N/ cm}^2.$$

Seleccionando el valor para el límite mínimo de tensión  $\text{Sigma}_{0.2}$  para el E-Cu F30 (Tomado de la norma ASTM B187) se tiene que:

Tabla 4-42 Valores de sigma de acuerdo con el material dado.

Descripción	$\text{Sigma}_{0.2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Conductividad (m/Ohmiosxmm <sup>2</sup> )
E-Cu F25	200	56
E-Cu F30	250	56
E-Cu F37	330	55

Nota: (CODENSA, 2013).

$$\text{Sigma } 0.2 = 250 \text{ N/mm}^2 = 25000 \text{ N/ cm}^2.$$

$$\text{Sigma res} = <1.5 \times 25000 = 37500 \text{ N/ cm}^2.$$

Se verifica si los esfuerzos obtenidos son inferiores a  $\text{Sigma res}$ :

$$\text{Sigma H}_x = 1.082,45 \text{ N/ cm}^2 < 37500 \text{ N/ cm}^2.$$

$$\text{Sigma H}_y = 26.993 \text{ N/ cm}^2 < 37500 \text{ N/ cm}^2.$$

Esto indica que el barraje si soporta la corriente de cortocircuito.

#### 4.11 Cálculo del sistema de puesta a tierra.

Este numeral no aplica dentro del alcance de nuestro estudio, sin embargo su relevancia es tal, qué se mencionará en este apartado un breve cálculo de la malla a tierra, los valores que se han tomado de referencia para este ejercicio se estimaron basados en el estudio realizado para el edificio de bellas artes de la Universidad Nacional sede Bogotá, específicamente el valor de la resistividad del terreno, ya que, en el caso, no era posible tomar una muestra para hacer las pruebas respectivas para confirmarlo.

En caso que la universidad decida implementar la recomendación brindada con respecto a la malla a tierra, se requiere qué, en su momento el contratista elegido presente los estudios correspondientes para la ejecución, de acuerdo con las normativas vigentes.

De los datos del diseño eléctrico edificio de bellas artes 301 de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá (Granados Ricardo, 2018), El valor de resistividad encontrado tomado como variable de entrada al diseño es 45 Ohm-m, el cálculo de la malla de puesta a tierra se hace para el neutro de acometida en baja tensión según la tabla 15.4 del RETIE el cual debe ser de máximo 25 Ohm/m.

$P = 45,00$  Resistividad aparente del terreno Ohm/m.

$P = 3000$  Resistividad superficial del terreno Ohm/m.

$H_s = 0,25$  Espesor de capa superficial (m).

$I_o = 1030$  Corriente de falla monofásica a tierra en el primario (A) al 60% dada por el operador de red.

$T_s = 0,15s$  Tiempo de despeje de la falla (segundos) dado por el operador de red.

Realizando el ejercicio con estos valores en la tabla de cálculo de malla a tierra de acuerdo con la norma IEEE80 (IEEE80 2013 IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, 2015), la

mallas no cumplen con los requerimientos, por esta razón se debe aplicar la especificación técnica ET489 Tratamiento de Puestas a Tierra para garantizar una resistividad menor a 10 Ohm/m. De acuerdo con la tabla 15.4 valores de referencia para resistencia de puesta a tierra en subestaciones de media tensión del RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, 2013).

Asumiendo los nuevos parámetros.

$P = 20,00$  Resistividad aparente del terreno Ohm/m.

$P = 3000$  Resistividad superficial del terreno Ohm/m.

$H_s = 0,25$  Espesor de capa superficial (m).

$I_o = 1030$  Corriente de falla monofásica a tierra en el primario (A) al 60% dada por CODENSA.

$T_s = 0,15$  Tiempo de despeje de la falla (s) dado por CODENSA.

Con estos parámetros se obtiene el siguiente resultado donde se cumple con los requerimientos de la norma.

Tabla 4-43 Plantilla para el Cálculo de la malla de puesta a tierra, de acuerdo con la norma IEEE-80.

CALCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA IEEE-80			
<b>Datos del Suelo</b>			
$\rho$	10	Ohm/m	(resistividad del suelo)
$\rho_s$	3000	Ohm/m	(resistividad superficial)
$h_s$	0,25	m	(Profundidad de la capa superficial)
<b>Geometría de la malla</b> <span style="float: right;">Ver Diagrama</span>			
Largo (X):	10	m	Cantidad de varillas: 12
Ancho (Y):	10	m	Largo: 2,4
Área:	100	m <sup>2</sup>	Con varillas en las esquinas
Espacio Vertical (E <sub>v</sub> ):	1	m	LR: 28,8
Espacio Horizontal (E <sub>h</sub> ):	1	m	
Conductores verticales:	11		
Conductores Horizontales:	11		
Lc:	220	m (Longitud total de la malla)	Lm: 270,60
h:	0,99	m (Profundidad de la malla)	Lt: 248,60
<b>Parámetros eléctricos</b>			
Ta:	0,1	s (Tiempo de duración de la falla)	
SI:	2774,00	A (SIK) Corriente de falla	<b>Calcular</b>
<b>Conductor de la malla</b>			
Tipo:	Cobre Comercial		
Conductividad:	97 % respecto al cobre puro		
Factor $\alpha$ :	0,00381 @20°C [1°C]		
K0 a 0°C:	242		
Tm:	1064 [°C] (Temperatura de fusión)		
$\rho$ a 20°C:	1,78 [ $\mu\Omega \cdot cm$ ]		
TCAP:	3,42 [ $\mu cm^3 \cdot ^\circ C$ ] Capacidad térmica		
Tipo de Unión:	Soldada		
Temp. Max. de la Unión:	450 °C		
Ta:	20 °C (temperatura ambiente)		
Alcanil:	6,06 kcal/m		
Área mínima:	3,07 mm <sup>2</sup>		
Diámetro mínimo:	0,0020 mm		
Conductor de diseño:	350 kcal/m		
área:	177,36 mm <sup>2</sup>		
diámetro:	0,0150 mm		
<b>Factores de peso y toque</b>			
K:	-0,99 (factor de reflexión)		
Cs:	0,85 (factor de reducción)		
peso de la persona:	70 kg		
Es:	8074,41 V (Voltaje de paso Max. para el peso indicado)		
Lt:	2390,90 V (voltaje de toque max)		
<b>Resistencia de la malla</b>			
Rg:	0,45 $\Omega$ (Resistencia de la malla)		
<b>Corriente de Malla</b>			
IG:	0,98 kA <b>Calcular</b>		
<b>Incremento de potencial</b>			
GPR:	439,82 V (Incremento de potencial en la malla)		
<b>Voltaje de malla</b>			
Em:	23,66 V (Voltaje de la malla en falla)		
<b>Voltaje de paso</b>			
Es:	101,06 V		
<b>El Diseño cumple con la norma</b>			

Nota: (Moreno, 2011).

La plantilla de la tabla cumple con la norma IEEE 80, al no ser parte integral del objeto del estudio no se detalla la formulación, de ser necesario deben mostrarse evidencias de cálculos por parte del contratista asignado.

#### 4.12 Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.

Tabla 4-44 Precios de conductores tomados del listado de precios Inter eléctricas, año 2021, marca Centelsa.

Material	Calibre	Tipo	Cantidad (m)	Precio (m)	Total
Cobre aislado	4/0	THHN	325	\$ 62.000	\$ 20.150.000
Cobre aislado	2/0	THHN	325	\$ 25.000	\$ 8.125.000
Cobre aislado	2	THHN	250	\$ 19.000	\$ 4.750.000
Cobre aislado	6	THHN	135	\$ 8.200	\$ 1.107.000
Cobre aislado	8	THHN	210	\$ 5.000	\$ 1.050.000
Cobre aislado	10	THHN	500	\$ 3.500	\$ 1.750.000
Cobre aislado	12	THHN	1710	\$ 2.400	\$ 4.104.000
Subtotal					<b>\$ 41.036.000</b>

Nota: Fuente, autores.

La tabla muestra un listado de precios actuales para las cantidades y calibres de los conductores requeridos por el diseño propuesto.

Costo de energía KWH para Bogotá: \$576,8 Cop. (pesos colombianos).

Teniendo en cuenta los siguientes factores donde:

L es la longitud de la acometida.

CC es el costo por metro de acometida.

CE es la demanda máxima por acometida.

PC son las pérdidas por acometida.

i es el porcentaje de incremento en la tarifa por año (7%).

n son los años de funcionamiento de los conductores (20).

Tenemos que aplicando la siguiente formula:

$$CT = CC + L * 87603 * (\$kWh * \left(\frac{CE + PC}{1000}\right) * (1 + i)^{n-1})$$

Tabla 4-45 Cálculo económico de los conductores.

Calibre	Variable	L	CC	CE (kW)	PC	i	n (años)	kWh	CT
4/0		65	\$ 310.000	42,6	35	0,07	20	\$ 576,8	\$ 922.055.624
2/0		65	\$ 125.000	39,5	35	0,07	20	\$ 576,8	\$ 885.499.682
2		50	\$ 95.000	12,7	35	0,07	20	\$ 576,8	\$ 435.932.295
6		27	\$ 41.000	4,4	35	0,07	20	\$ 576,8	\$ 194.342.200
8		42	\$ 25.000	7,5	35	0,07	20	\$ 576,8	\$ 326.217.692
10		100	\$ 17.500	4,5	35	0,07	20	\$ 576,8	\$ 721.844.466
12		342	\$ 12.000	3,1	35	0,07	20	\$ 576,8	\$ 2.382.288.784

Nota: Fuente, autores.

La tabla lista los precios de los conductores en función de las cantidades estimadas, el valor unitario, la demanda máxima, las pérdidas por acometida, el incremento de la tarifa por año, los años útiles de los conductores, y el valor del kilovatio establecido por el operador de red.

#### 4.13 Verificación de los conductores.

Se procede con la verificación de los conductores de acuerdo con los cuadros de carga, donde en se puedo observar la regulación. Se realiza el cálculo de la capacidad del conductor, calibre por calibre, en este caso cable CENTELSA Sintox 90° 600V PE HF LS CT, de acuerdo con la ficha técnica se determina una temperatura de operación máxima de 90°C, una constante de 13,9 y un tiempo de cortocircuito de 0,016 segundos correspondientes a un ciclo. Aplicamos la siguiente formula.

$$Ac = Cc * I * \sqrt{t}$$

Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4-46 Corriente de corto circuito por calibre de conductor en kA.

Calibre 2		Calibre 4		Calibre 6		Calibre 8	
Factor	Valor	Factor	Valor	Factor	Valor	Factor	Valor
$k_t$	1,04	$k_t$	1,04	$k_t$	1,04	$k_t$	1,04
Cc	18,89	Cc	18,89	Cc	18,89	Cc	18,89
t (s)	0,1	t	0,1	T	0,1	t	0,1
I(kA)	11,11	I(kA)	6,99	I	4,39	I	2,77
Ac	66,37	Ac	41,74	Ac	26,25	Ac	16,52

Nota: Fuente, autores.

De acuerdo con nuestra corriente de falla de 2,78kA obtenida, establecemos un factor de  $k_t$  para cable de 90°C, de acuerdo con la tabla 310-16 (Norma Técnica Colombiana NTC 2050, 2020) obtenemos la corriente virtual de falla, que se da al multiplicar la corriente de falla por el factor  $K_t$ .

Tabla 4-47 Corriente virtual de falla.

Factor	Valor
$k_t$	1,04
Cf (kA)	2,78
$T_a$ (C°)	25
$T_t$ (C°)	90
$C_{vf}$ (kA)	2,89

Nota: Fuente, autores.

Vemos entonces que las corrientes de corto circuito están en general por encima de la corriente virtual de falla lo que indica que las protecciones instaladas en función de esta serán efectivas para proteger los conductores.

#### 4.14 Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.

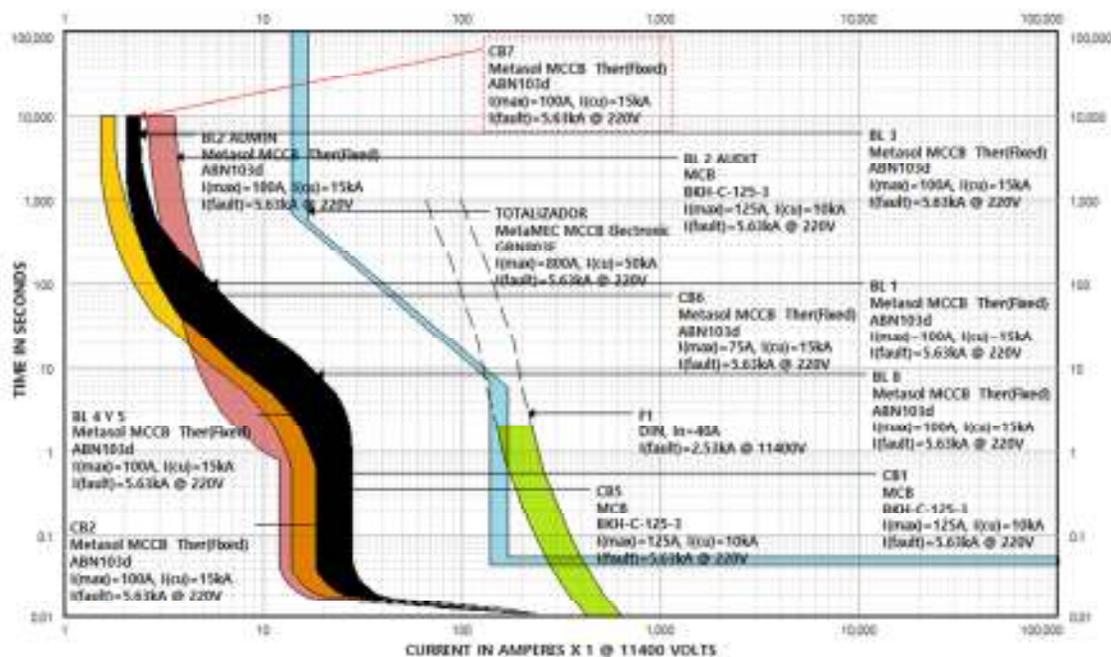
En este diseño eléctrico no fue necesario calcular estructuras y elementos de sujeción de equipos, ya que, al ser un edificio de aulas, no se contemplan elementos que deban ser instalados sobre dichas estructuras.

#### 4.15 Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes.

En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.

Al introducir los datos de carga correspondiente en el software LSPS, este proporciona el cálculo de la coordinación de las protecciones para las corrientes de cortocircuito con la que se seleccionó la protección, y se puede observar en el siguiente gráfico de las curvas de protección contra sobre corriente. El informe completo del software constituye el anexo Informe de coordinación de protecciones Susol.

Figura 4-14 Curva de coordinación de protecciones.



**Nota:** Fuente, (LG, 2017).

En la figura se puede observar que a medida que la corriente de la falla aumenta en el eje de las abscisas, se van activando cada una de las protecciones seleccionadas

#### **4.16 Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).**

De acuerdo con los cálculos realizados en los cuadros de carga, se concluye que los ductos cumplen con las dimensiones requeridas.

#### **4.17 Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.**

Como se indicó en las pérdidas de energía por factor de potencia son las correspondientes a la energía reactiva compensada de 26,47 kVAr.

De acuerdo con los datos obtenidos en Distorsión armónica se muestran las pérdidas de potencia por armónicos de la siguiente forma.

Tabla 4-48 Pérdidas de potencia por armónicos.

Corriente (A)	Voltaje (V)	Potencia (W)
99,37	14,15	1.406,09

Nota: Fuente, autores.

La tabla resume las pérdidas ocasionadas por los armónicos, estos datos son una sumatoria de los datos obtenidos de la tabla resumen en las variables de voltaje, corriente y potencia.

#### **4.18 Cálculos de regulación de tensión.**

La regulación para los circuitos de BT., Será de 3% máximo, valores superiores a estos serán bajo estricta aprobación del operador de red ENEL CODENSA S.A. E.S.P. o elegidos según la condición de la red y la topografía.

El detalle de los cálculos se puede observar en los cuadros de carga mostrados anteriormente.

#### 4.19 Clasificación de áreas peligrosas.

En este diseño no se aplica esta clasificación ya que, al ser un edificio de aulas, no hay áreas destinadas al manejo u almacenamiento de sustancias, vapores o gases que puedan ocasionar una explosión o incendio.

#### 4.20 Elaboración de diagramas unifilares.

Se incluyen en el anexo Diagramas unifilares.

#### 4.21 Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.

Se incluyen en el anexo Diagramas unifilares.

#### 4.22 Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.

Se incluyen en el anexo Diagramas unifilares.

#### 4.23 Establecer las distancias de seguridad requeridas.

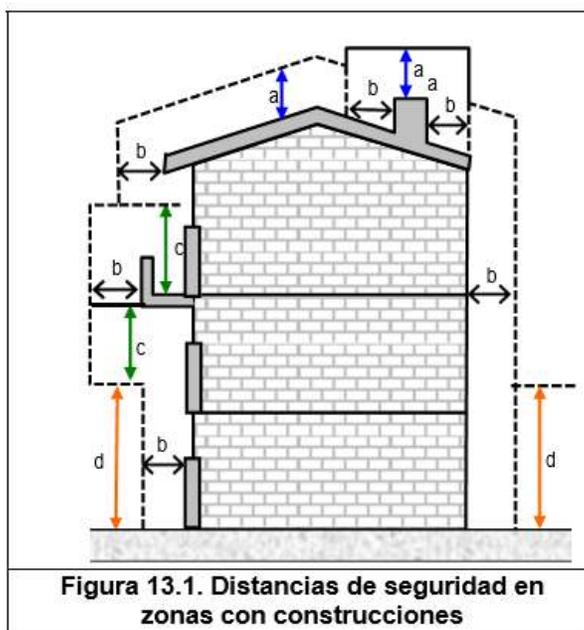
Tabla 4-49 Extracto de la tabla 13.1.

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
	<1	1,7
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

Nota: (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, 2013).

En la tabla se muestran las distancias mínimas de seguridad según la tensión.

Figura 4-15 Extracto de la figura 13.1.



Nota: Fuente, resolución 90708 RETIE figura 13.1 (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, 2013).

En la figura se muestran las diferentes distancias y sus referencias para ubicar de manera segura los conductores que puedan estar cerca de una construcción.

Tabla 4-50 Cumplimiento de la instalación con las distancias mínimas de seguridad.

Elemento	Nivel de tensión (V)	Distancia mínima requerida vertical (metros)	Cumple	Distancia mínima requerida horizontal (metros)	Cumple
Celda Transformador	11400	3,8	NO	2,3	NO
Celda Seccionador	11400	3,8	NO	2,3	NO
Tablero general de acometidas	215	0,45	NO	1,7	NO
Celda de medida	215	0,45	NO	1,7	NO

Nota: Fuente. Autores.

La tabla 4.51 ilustra las distancias mínimas requeridas por la norma y el cumplimiento de los equipos de las instalaciones actuales con respecto a estas distancias establecidas.

**4.24 Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.**

En el diseño planteado no se requiere hacer ninguna justificación de desviación de la NTC2050.

**4.25 Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o geotérmicas.**

Las condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas, fotométricas o geotérmicas fueron consideradas por los especialistas responsables de estos diseños y temas relacionados al momento de la construcción del edificio.

**5 Propuesta de implementación por fases y plan de correctivos propuestos.**

A continuación, se listan las no conformidades más críticas, de acuerdo con los hallazgos encontrados en la verificación inicial y los resultados del diseño, se dividieron en tres tipos basados en el nivel de riesgo que podrían presentar para la instalación.

Durante el desarrollo del diseño se establecieron hallazgos adicionales y consecuencia de esto se mostrarán las acciones correctivas priorizadas para realizar una propuesta de implementación por fases.

**5.1 Priorización según los hallazgos.**

Se definieron criterios de asignación de prioridades establecidos de acuerdo con el tipo de riesgo que presenta el hallazgo encontrado, se evaluó cada uno de ellos en función de la tabla "Criterios de evaluación" donde se le asignó un puntaje acumulativo por la suma de los factores presentes.

Tabla 5-1 Criterios de evaluación.

Criterio Evaluado	Puntaje asignado
Riesgo potencial de incendio	5
No cumple norma	5
Riesgo por protección	5
Afectaciones a la red	4
Riesgo eléctrico por contacto directo o indirecto	5

Nota: Fuente, autores.

## 5.2 Prioridad 1.

Tabla 5-2 Listado de correctivos propuestos prioridad 1.

Pos	Correctivo propuesto	Puntaje
1	Cambiar protecciones por las sugeridas.	15
2	Independizar circuitos según diagrama unifilar	15
3	Redistribución de cargas de acuerdo con el plano unifilar propuesto	15
4	Cambiar protecciones de acuerdo con diagrama unifilar.	15
5	Redistribución de cargas acuerdo con el plano unifilar.	15
6	Cambiar cableado afectado.	15
7	Cambio de tablero general	15
8	Cambiar tablero general	15
9	Cambiar tablero general	15
10	Cambiar acometida	15
11	Cambiar tablero general	15

Nota: Fuente, autores.

En la tabla prioridad 1 se listan las acciones correctivas propuestas y la puntuación de criticidad aplicada. Al ser las más críticas se sugiere tomar acciones inmediatas para mitigar los riesgos y corregir los incumplimientos.

## 5.3 Prioridad 2.

Tabla 5-3 Listado de correctivos propuestos prioridad 2.

Pos	Correctivo propuesto	Puntaje
1	Instalar DPS	10
2	Independizar canalizaciones	10
3	Instalar malla de puesta a tierra propuesta	10
4	Cambiar protecciones por las sugeridas.	10
5	Instalación de tablero de sub-distribución, cambiar tramos empalmados.	10
6	Cambiar tramos de acometida por los calibres indicados.	10
7	Cambiar protecciones de acuerdo con diagrama unifilar.	10
8	Cambiar y sujetar adecuadamente	10
9	Cambiar tablero centro de carga	10
10	Cambiar tablero centro de carga	10
11	Instalación de tablero de sub-distribución.	10

Nota: Fuente, autores.

En la tabla prioridad 2 se listan las no conformidades importantes, Al ser importantes se sugiere tomar acciones prontas para mitigar los riesgos y corregir los incumplimientos.

#### 5.4 Prioridad 3.

Tabla 5-4 Listado de correctivos propuestos prioridad 3.

Pos	Correctivo propuesto	Puntaje
1	Identificar y marcar	5
2	Identificar y marcar	5
3	Identificar y marcar	5
4	Identificar y marcar	5
5	Cambiar y sujetar adecuadamente	5
6	Identificar tomas como normales o instalar UPS.	5
7	Cambiar luminarias a tipo led	4
8	Cambiar luminarias a tipo led	4

Nota: Fuente, autores.

En la tabla prioridad 3 se listan las no conformidades menores, Al ser menores se sugiere tomar acciones en el mediano plazo para mitigar los riesgos y corregir los incumplimientos.

## 5.5 Precios y cantidades de obra.

Tabla 5-5 Desglose de precios y cantidades de obra.

Precios y cantidades de obra								
Descripción	Mano de obra				Materiales			
	Hora	Vr/ unitario	Subtotal m/o	Cantidad	Unidad	Vr/ unitario	Subtotal mat	Subtotal
Tablero general de distribución	40	\$ 30.000	\$ 1.200.000	1	Unidad	\$ 12.500.000	\$ 12.500.000	\$ 13.700.000
Acometida tablero general a bloque dos en cable No. 2	8	\$ 50.000	\$ 400.000	65	Metro	\$ 25.000	\$ 1.625.000	\$ 2.025.000
Acometida tablero general a bloque dos en cable No. 4	8	\$ 50.000	\$ 400.000	65	Metro	\$ 16.000	\$ 1.040.000	\$ 1.440.000
Cableado tablero BI 2 a tableros por piso 4, 5 y 6	36	\$ 50.000	\$ 1.800.000	500	Metro	\$ 12.000	\$ 6.000.000	\$ 7.800.000
Cableado tablero BI 2 a tableros por piso 1, 2 y 3	24	\$ 50.000	\$ 1.200.000	400	Metro	\$ 7.000	\$ 2.800.000	\$ 4.000.000
Luminarias	48	\$ 50.000	\$ 2.400.000	224	Unidad	\$ 90.000	\$ 20.160.000	\$ 22.560.000
Minibrakers totalizadores	6	\$ 50.000	\$ 300.000	11	Unidad	\$ 120.000	\$ 1.320.000	\$ 1.620.000
Centros de carga	32	\$ 50.000	\$ 1.600.000	11	Unidad	\$ 150.000	\$ 1.650.000	\$ 3.250.000
Tubería	4	\$ 30.000	\$ 120.000	18	Metro	\$ 72.000	\$ 1.296.000	\$ 1.416.000
Obra civil	72	\$ 30.000	\$ 2.160.000	1	GL	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 2.660.000
Mantenimiento transformador	8	\$ 80.000	\$ 640.000	1	GL	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 1.290.000
Mantenimiento banco de condensadores	6	\$ 80.000	\$ 480.000	1	GL	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 730.000
Pruebas y mediciones	4	\$ 62.500	\$ 250.000	56	Horas	\$ 62.500	\$ 3.500.000	\$ 3.750.000
<b>Total</b>								<b>\$ 66.241.000</b>

Nota: fuente, autores.

En la tabla se encuentra un resumen de precios promedio en el mercado de los elementos y mano de obra a ser usados en la implementación del proyecto. Estos podrían variar con el tiempo, también se pueden encontrar variaciones entre marcas comerciales, se recomienda tener en cuenta como base para el presupuesto inicial, sin embargo, un estudio de compras al momento de ser aprobado el presupuesto, puede suponer una mejora en el valor final de los materiales.

## 6 Conclusiones y recomendaciones.

A continuación, se presentan las conclusiones de este trabajo integral de grado.

- Una vez se realizó la evaluación mediante el diagnóstico de no conformidades de las instalaciones existentes del bloque 2 de la Universidad Antonio Nariño sede sur, Bogotá se diagnosticaron las condiciones de la instalación con evidencias de los hallazgos y priorización de las no conformidades realizando el desarrollo del diseño detallado según el numeral 10.1.1. de la resolución 90708 de 2013 RETIE, y su propuesta de implementación por fases para dar cumplimiento de conformidad para su uso final como lugar de enseñanza.
- Se caracterizaron y evaluaron las instalaciones eléctricas haciendo el censo de cargas existentes resultado de la inspección de las instalaciones del bloque dos de la UAN, sede sur, realizando el levantamiento de la información en el bloque dos evidenciando serias fallencias y defectos en la instalación que pueden comprometer la vida de las personas y la seguridad de las instalaciones.
- La intervención para realizar los correctivos sugeridos debe programarse lo más pronto posible.
- Se hizo el diseño detallado de acuerdo con los resultados del estudio dando cumplimiento al RETIE, estableciendo las condiciones cada ítem relacionado en el numeral 10.1.1 de la resolución.
- Se elaboró una propuesta de actividades correctivas viables, se organizaron por orden de prioridad para su ejecución, Aunque no estaba dentro del alcance del diseño detallado objeto de este trabajo integral de grado, se pusieron en evidencia no conformidades presentes en la subestación, que deben ser analizadas por separado

- Aplicar los correctivos a que haya lugar para asegurar el cumplimiento de la instalación con las normas aplicables.
- Se evidencio que no es viable realizar correctivos sobre el tablero general de distribución existente, ya que aun estando en buen estado, no cumpliría con las exigencias normativas actuales, lo más eficiente en este caso es el cambio de todo el tablero.
- Se comprobó que, aunque en la actualidad hay muchos software y herramientas para realizar cálculos eléctricos como los usados en este TIG, sin embargo al ser en su mayoría desarrollados por las marcas que comercializan elementos relacionados con estos cálculos, el objetivo final está marcado con fines publicitarios, por esta razón es prudente verificar que las normas citadas allí y los procedimientos realizados si sean consecuentes entre sí, para evitar errores en la información que se suministra en los diseños detallados.

## 7 Referencias Bibliográficas.

- Anaya, M. J. P. (2018). *Análisis del estado actual de la red eléctrica de la clínica fundación IPS SAS para desarrollar el plan de acción que permita la implementación de la norma técnica colombiana 2050 y el RETIE en el centro médico*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Avila Bermudez, S. (2017). *Manual metodológico para ingenieros inspectores del RETIE en uso final*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Centro Europeo de Posgrado CEUPE. (2020). *Protección de los circuitos eléctricos*.  
<https://www.ceupe.com/blog/proteccion-de-los-circuitos-electricos.html>
- Circuitos Ramales*. (2018). <https://es.scribd.com/doc/7848179/CIRCUITOS-RAMALES>
- CNES, & Airbus, M. (2021). *Foto satelital Universidad Antonio Nariño sede sur*. Photo.  
<https://goo.gl/maps/i5CTC5RFug4u2Z7d9>
- CODENSA. (2013). *ET908 Tablero general de acometidas Elaborado por: Revisado por*. 1–13.  
<http://likinormas.micodensa.com/>
- Desarrollos S.L, D. (2021). *INGESCO Calculus*. Software Evaluación Del Riesgo.  
<https://calculus.ingesco.com>
- Grainger, J., & Stevenson, W. D. J. (2002). *Análisis de sistemas de potencia* (7a ed.). McGraw-Hill.
- Granados Alarcón, R. (2018). *Proyecto diseño eléctrico edificio de bellas artes 301 Universidad Nacional de Colombia*.
- Norma Técnica Colombiana NTC 2050, 1124 (2020).
- Norma Técnica NTC1340, (1989).
- Icontec Ntc4552-2. (2008). Norma Técnica Colombiana NTC4552: protección contra descargas eléctricas atmosféricas (Rayos). Parte 2: Manejo del riesgo. *Ntc*, 571, 1–67.

<http://tienda.icontec.org/brief/NTC4552-2.pdf>

IDEAM. (2004). *ESTUDIO DE LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE BOGOTÁ Y LA CUENCA ALTA DEL RÍO TUNJUELO.*

LG, L. (2017). *LSIS\_PS*. LG. [www.lsis.biz](http://www.lsis.biz)

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, Pub. L. No. 90708, 210 (2013).

<https://www.minenergia.gov.co/retie>

Moreno, F. (2011). *CALCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA IEEE - 80.*

Power Dynamics, M. (2021). *Informe de estimación de armónicos*. Harmonic Calculator.

<https://www.meruspowers.fi/harmoniccalc/>

Suarez Martinez, V. (2016). *PROTECCIÓN INTEGRAL CONTRA RAYOS Y*

*SOBRETENSIONES. PROTECCIÓN INTEGRAL CONTRA RAYOS Y*

*SOBRETENSIONES.* [https://www.linkedin.com/pulse/protecci%C3%B3n-integral-contrarayos-y-sobretensiones-su%C3%A1rez-](https://www.linkedin.com/pulse/protecci%C3%B3n-integral-contrarayos-y-sobretensiones-su%C3%A1rez-mart%C3%ADnez/?trackingId=RU2c6Z23Syidlj4iP%2Fkz1w%3D%3D)

[mart%C3%ADnez/?trackingId=RU2c6Z23Syidlj4iP%2Fkz1w%3D%3D](https://www.linkedin.com/pulse/protecci%C3%B3n-integral-contrarayos-y-sobretensiones-su%C3%A1rez-mart%C3%ADnez/?trackingId=RU2c6Z23Syidlj4iP%2Fkz1w%3D%3D)

**8 Anexos**

