

# **DISEÑO DETALLADO RETIE**

**Informe RETIE – Memorias de Calculo**

**MEMORIA DE CÁLCULO INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL  
PROYECTO CEDI HICAR, SANTANDER**

Realizado por:

**Hugo Andrés Rueda Franco**

**Jonathan Andrés Portilla Guerrero**

# DISEÑO DETALLADO RETIE



## CONTENIDO

DEFINICIONES.....	11
ABREVIATURAS .....	14
RESUMEN DEL PROYECTO .....	17
OBJETIVO .....	17
<b>A. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.....</b>	<b>20</b>
A.1 ANÁLISIS DE ARMÓNICOS:.....	20
A.2 ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA:.....	21
<b>B. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO .....</b>	<b>42</b>
<b>C. ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA .....</b>	<b>42</b>
<b>D. ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS</b>	<b>45</b>
D.1 PARÁMETROS .....	47
D.2 ANÁLISIS.....	48
<i>d.2.1 Evaluación del nivel de riesgo y medidas para mitigarlo .....</i>	<i>48</i>
<i>d.2.2 Evaluación de las acciones tomadas con base al riesgo tolerable .....</i>	<i>50</i>
<i>d.2.3 Conclusiones .....</i>	<i>53</i>
<b>E. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS.....</b>	<b>53</b>
E.1 PARÁMETROS.....	53
E.2 ANÁLISIS .....	54
<b>F. ANÁLISIS DEL NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO .....</b>	<b>71</b>
<b>G. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA ASEGURAR QUE, EN ESPACIOS DESTINADOS A ACTIVIDADES RUTINARIAS DE LAS PERSONAS, NO SE SUPEREN LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN DEFINIDAS EN LA TABLA 14.1. ....</b>	<b>72</b>
<b>H. CÁLCULO DE TRANSFORMADORES INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA .....</b>	<b>72</b>

H.1 CÁLCULO DE DEMANDA .....	72
<i>h.1.1 Selección de transformador y cargabilidad.....</i>	<i>73</i>
<i>h.1.2 Factor de potencia.....</i>	<i>74</i>
<i>h.1.3 Efecto de los armónicos.....</i>	<i>74</i>
<b>I. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....</b>	<b>75</b>
I.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PARA LA MALLA DE PUESTA A TIERRA. ....	75
I.2 CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA .....	80
I.3 CÁLCULO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA .....	82
<b>J. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA TODOS DOS FACTORES DE PÉRDIDAS, LAS CARGAS RESULTANTES Y LOS COSTOS DE LA ENERGÍA.....</b>	<b>85</b>
<b>K. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA EL TIEMPO DE DISPARO DE LOS INTERRUPTORES, LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DE LA RED Y LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CONDUCTOR DE ACUERDO CON LA NORMA IEC 609009, IEE 242, CAPÍTULO 9 O EQUIVALENTE .....</b>	<b>90</b>
<b>L. CÁLCULOS MECÁNICOS DE ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS DE SUJECCIÓN DE EQUIPOS ....</b>	<b>92</b>
<b>M. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES EN BAJA TENSIÓN SE PERMITE LA COORDINACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE DE LOS DISPOSITIVOS SEGÚN IEC 60947-2 ANEXO A .....</b>	<b>92</b>
M.1 CÁLCULO DE PROTECCIÓN EN RED MEDIA TENSIÓN .....	93
M.2 ANÁLISIS.....	94
M.3 CURVAS DE COORDINACIÓN: .....	95
<i>m.3.1 Desde armario de medidores hasta TGBT .....</i>	<i>95</i>
<i>m.3.2 Desde armario de medidores hasta tablero LOCAL 1.....</i>	<i>96</i>
<i>m.3.3 Desde armario de medidores hasta tablero LOCAL 2.....</i>	<i>97</i>
<i>m.3.4 Desde armario de medidores hasta tablero LOCAL 3.....</i>	<i>98</i>
<i>m.3.5 Desde armario de medidores hasta tablero LOCAL 4.....</i>	<i>99</i>
<i>m.3.6 desde armario de medidores hasta tablero LOCAL 5.....</i>	<i>100</i>
<i>m.3.7 TGBT a Tablero de bodega.....</i>	<i>101</i>
<i>m.3.8 TGBT a Tablero de aires .....</i>	<i>102</i>
<i>m.3.9 TGBT a Tablero regulado .....</i>	<i>103</i>
<i>m.3.10 TGBT a Tablero de distribución de piso 2 .....</i>	<i>104</i>
M.4 CONCLUSIONES .....	105

<b>N. CÁLCULO DE CANALIZACIONES (TUBOS, DUCTOS, CANALETAS Y ELECTRODUCTOS), VOLUMEN DE ENCERRAMIENTOS (CAJAS, TABLEROS, CANALETAS, ETC.) Y ELECTRODUCTOS .....</b>	<b>107</b>
N.1 BANDEJA .....	107
N.2 DUCTERÍA .....	108
<b>O. CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA, TENIENDO EN CUENTA LOS EFECTOS DE ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA.....</b>	<b>110</b>
O.1 CUADRO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA .....	112
O.2 CONCLUSIÓN.....	113
<b>P. CÁLCULOS DE REGULACIÓN. ....</b>	<b>113</b>
P.1 CÁLCULOS DE REGULACIÓN .....	116
<b>Q. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS.....</b>	<b>117</b>
<b>R. ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS UNIFILARES .....</b>	<b>117</b>
<b>S. ELABORACIÓN DE PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS DE CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>117</b>
<b>T. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS, INCLUYENDO LAS DE TIPO TÉCNICO DE EQUIPOS Y MATERIALES Y SUS CONDICIONES PARTICULARES. ....</b>	<b>117</b>
<b>U. ESTABLECER LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD REQUERIDAS. ....</b>	<b>118</b>
U.1 DISTANCIAS DE SEGURIDAD EN ZONA CON CONSTRUCCIONES. ....	121
<b>V. 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...</b>	<b>124</b>
<b>W. LOS DEMÁS ESTUDIOS QUE EL TIPO DE INSTALACIÓN REQUIERA PARA SU CORRECTA Y SEGURA OPERACIÓN, TALES COMO CONDICIONES SÍSMICAS, ACÚSTICAS, MECÁNICAS O TÉRMICAS</b>	<b>125</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>126</b>

## Lista de Tablas

Tabla 1 Diseño detallado de la barra W según el artículo 10.1.1 del RETIE .....	17
Tabla 2 Según la norma NTC 819, tabla para tolerancias sobre perdidas e impedancia de corto circuito .....	43
Tabla 3 Corriente pico absoluta promedio de rayo .....	49
Tabla 4 DDT según la región colombiana. Sacado de tabla A.6 de la norma NTC 4552-1 .....	50
Tabla 5 Parámetros asociados al Riesgo de Vida Humana.....	51
Tabla 6 Matriz de riesgo eléctrico-arco eléctrico MT.....	54
Tabla 7 Matriz de riesgo eléctrico-contacto eléctrico MT.....	56
Tabla 8 Matriz de riesgo eléctrico-contacto indirecto MT.....	57
Tabla 9 Matriz de riesgo eléctrico-corto circuito MT.....	58
Tabla 10 Matriz de riesgo eléctrico-arco eléctrico BT. ....	59
Tabla 11 Matriz de riesgo eléctrico- contacto indirecto BT. ....	60
Tabla 12 Matriz de riesgo eléctrico-contacto directo BT. ....	61
Tabla 13 Matriz de riesgo eléctrico-cortocircuito .....	62
Tabla 14 Matriz de riesgo eléctrico-rayos.....	63
Tabla 15 Matriz de riesgo por sobre carga.....	64
Tabla 16 Matriz de riesgo eléctrico-tensión de paso.....	65
Tabla 17 Matriz de riesgo eléctrico-electricidad estática.....	66
Tabla 18 Matriz de riesgo eléctrico-equipo defectuoso .....	67
Tabla 19 Matriz de riesgo eléctrico-tensión contacto .....	68
Tabla 20 Factor de carga de ocupantes 1 .....	69
Tabla 21 Factor de carga de ocupantes 2.....	70
Tabla 22 Calculo para ocupación de personas .....	71
Tabla 23 Demandas máximas por niveles de tensión.....	71
Tabla 24 Demanda máxima .....	73
Tabla 25 Demanda máxima .....	73
Tabla 26 Medición de resistividad en el punto .....	77
Tabla 27 Resultados SPT .....	80
Tabla 28 Resultado de la puesta a tierra.....	83
Tabla 29 Diseño de la malla de puesta a tierra.....	84
Tabla 30 - Cálculo económico conductores BT .....	88
Tabla 31 - Cálculo verificación de conductores.....	91
Tabla 32 – Área de llenado permisible para cables multiconductores en bandeja porta cables de tipo escalera, batea ventilada o fondo sólido para cables de 2000V nominales o menos tabla 318-9 NTC 2050. ....	107

Tabla 33 – Calculo de llenado de bandeja .....	108
Tabla 34 – Porcentajes de ocupación de las tuberías para el llenado de conductores. Fuente: NTC 2050 capitulo 9, tabla 1 .....	108
Tabla 35 – Porcentajes de ocupación de ducteria.....	109
Tabla 36 – Perdidas máximas de potencia y energía. Tabla 2.4 norma ESSA .....	111
Tabla 37 – Tabla de pérdidas de energía .....	112
Tabla 38 - Porcentajes de regulación para acometidas, alimentadores y circuitos ramales. Tabla 2.3 norma ESSA .....	113
Tabla 39 - Constantes de regulación para conductores de Cu aislados en ductos no metálicos. Tabla 3.25 norma ESSA .....	115
Tabla 40 – Tabla de pérdidas de energía .....	116
Tabla 41 – Distancias mínimas de seguridad. NTC2050 tabla 110-16 y 34.a) .....	119
Tabla 42 – Clasificación de las distancias de seguridad para trabajos de partes .....	120
Tabla 43 – Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones. Sacada de la tabla 13.1 del RETIE .....	123

## Lista de Figuras

Figura 1 Cuadro de cargas del banco de medidores .....	22
Figura 2 Cuadro de cargas del tablero general de baja tensión. ....	23
Figura 3 Cuadro de cargas de tablero de distribución local 1 .....	24
Figura 4 Cuadro de regulación de tablero de distribución local 1 .....	25
Figura 5 Cuadro de cargas de tablero de distribución local 2 .....	26
Figura 6 Cuadro de regulación de tablero de distribución local 2 .....	27
Figura 7 Cuadro de cargas de tablero de distribución local 3 .....	28
Figura 8 Cuadro de regulación de tablero de distribución local 3 .....	29
Figura 9 Cuadro de cargas de tablero de distribución local 4 .....	30
Figura 10 Cuadro de regulación de tablero de distribución local 4 .....	31
Figura 11 Cuadro de cargas de tablero de distribución local 5 .....	32
Figura 12 Cuadro de regulación de tablero de distribución local 5 .....	33
Figura 13 Cuadro de cargas de tablero de distribución bodega .....	34
Figura 14 Cuadro de regulación de tablero de distribución bodega .....	35
Figura 15 Cuadro de cargas de tablero de distribución regulado .....	36
Figura 16 Cuadro de regulación de tablero de distribución regulado .....	37
Figura 17 Cuadro de cargas de tablero de distribución de aires acondicionados .....	38
Figura 18 Cuadro de regulación de tablero de distribución de aires acondicionados .....	39
Figura 19 Cuadro de cargas de tablero de distribución piso 2 .....	40
Figura 20 Cuadro de regulación de tablero de distribución piso 2 .....	41
Figura 21 Evaluación del riesgo .....	48
Figura 22 Procedimiento para la decisión de necesidad de protección .....	52
Figura 23 Valores límites de exposición a campos electromagnéticos .....	72
Figura 24 Método utilización para medición de resistividad del terreno .....	75
Figura 25 – Costos kWh según ESSA para 2024. Sacado de la pagina oficial de la ESSA .....	87
Figura 26 – Curva de demanda promedio por hora ESSA .....	89
<b>Figura 27 - Curva característica de una Protección Eléctrica.</b> Sacado de tableros y protecciones eléctricas Legrand página 31 .....	93
<b>Figura 28</b> – Diagrama general .....	94
<b>Figura 29</b> – Curva de protección 1 .....	95
<b>Figura 30</b> – Curva de protección 2 .....	96
<b>Figura 31</b> – Curva de protección 3 .....	97
<b>Figura 32</b> – Curva de protección 4 .....	98
<b>Figura 33</b> – Curva de protección 5 .....	99
<b>Figura 34</b> – Curva de protección 6 .....	100
<b>Figura 35</b> – Curva de protección 7 .....	101

<b>Figura 36</b> – Curva de protección 8 .....	102
<b>Figura 37</b> – Curva de protección 9 .....	103
<b>Figura 38</b> – Curva de protección 10 .....	104
<b>Figura 39</b> – Distancias de seguridad exigidas en zonas de equipos energizados. Sacado de la Figura 13.4. Límites de aproximación RETIE.....	119
<b>Figura 40</b> – Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones. Sacada de la figura 13.1 del RETIE .....	124

## Definiciones

**Alta concentración de personas u ocupación para reuniones públicas:** Es la concentración de 50 o más personas con el fin de desarrollar actividades tales como: trabajo, deliberaciones, comida, bebida, diversión, espera de transporte, culto, educación, salud o entretenimiento. En la aplicación de esta definición se deben tener en cuenta las densidades de personas, así como los sistemas de evacuación de las áreas críticas y no la totalidad de las personas que contenga la edificación o lugar considerado como referente por lo que el número mínimo establecido para la alta concentración de personas puede ser inferior; para lo cual se recomienda aplicar la norma

**Conductor del electrodo de puesta a tierra:** Conductor de puesta a tierra utilizado para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra de los equipos, al conductor puesto a tierra del circuito o a ambos, en los equipos de acometida o en la fuente de un sistema derivado independiente.

**Conexión equipotencial:** Conexión eléctrica entre dos o más puntos, de manera que cualquier corriente que pase, no genere una diferencia de potencial sensible entre ambos puntos.

**Contacto directo:** Contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica.

**Contacto indirecto:** Contacto de personas o animales con elementos puestos

**Corriente pico absoluta promedio del rayo – Iabs:** El valor con el 50% de probabilidad de que sea la corriente máxima del rayo, sin importar la polaridad.

**Densidad de descargas a tierra – DDT:** Numero de descargas individuales (strokes) a tierra por kilómetro cuadrado al año. Medida en área de 9 km<sup>2</sup> (3 km X 3 km), permite cuantificar la incidencia de rayos en la zona.

**Electricidad estática:** Una forma de energía eléctrica o el estudio de cargas eléctricas en reposo.

**Fusible:** Aparato cuya función es abrir, por la fusión de uno o varios de sus componentes, en el circuito en el cual esta insertado.

**Interruptor termomagnético:** es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito: el magnético y el térmico. Al igual que los fusibles, los interruptores magnetotérmicos protegen la instalación contra sobrecargas y cortocircuitos.

**Neutro:** Conductor activo equipotencializado con respecto a varias fases normalmente puesto a tierra, sólidamente o a través de una impedancia limitadora.

**Nivel de protección contra rayos – NPR:** Numero relacionado con un conjunto de los parámetros de la corriente de rayo, pertinentes a la probabilidad que asocia los valores de diseño máximo y mínimo, son valores que no serán excedidos cuando naturalmente ocurra una descarga.

**Riesgo:** Valor probabilístico relativo a una pérdida anual (seres humanos y bienes), causados por el rayo y relativos al valor del objeto a proteger.

**Riesgo tolerable:** Valor máximo del riesgo que se puede tolerar para el objeto a proteger.

**Selectividad amperimétrica:** esta condición debe cumplir que el valor de sensibilidad del interruptor conectado aguas arriba (I1) sea mayor de la sensibilidad del interruptor aguas abajo (I2).

**Selectividad cronométrica:** esta condición debe garantizar que el interruptor conectado aguas arriba (t1) no actúe antes que un interruptor aguas abajo (t2) para cualquier valor de corriente.

**Selectividad de Tipo:** para garantizar la selectividad vertical, el tipo o clase del interruptor aguas arriba debe ser superior o igual del interruptor instalado aguas abajo.

**Sistema integral de protección contra rayos – SIPRA:** Sistema con el que se puede alcanzar un alto grado de seguridad para las personas y equipos, mediante la combinación de varios elementos como la protección externa, la protección interna, la guía de seguridad personal y el sistema de alarma.

**Sistema de protección externo contra rayos – SPE:** Es el conjunto comprendido por terminales de captación, bajantes, puesta a tierra de protección contra rayos, conectores, herrajes y otros, cuya función es captar las descargas y conducir las a tierra en forma segura, ejerciendo un control sobre la descarga.

**Sistema de protección interna contra rayos – SPI:** Parte de un SIPRA que consiste en una conexión equipotencial de rayo y acorde con la distancia de separación dentro de la estructura protegida.

**Tensión de contacto:** Tensión de contacto es la tensión generada durante un evento EPR que pueden aparecer entre las partes conductoras accesibles simultáneamente conductores.

**Tensión de paso:** Paso de tensión es la tensión entre dos puntos de la superficie de la tierra que son 1 m distantes unos de otros, que se consideran la longitud del paso de una persona.

**Topología:** Diagrama sin escala de una red, que indica la configuración gráfica del sistema.

## Abreviaturas

**Ad:** Abreviatura, área efectiva para descargas directas en estructura aislada.

**Ad/a:** Abreviatura, área efectiva estructura adyacente.

**Al:** Abreviatura, área efectiva para descargas en la acometida.

**Cd:** Abreviatura, factor de localización.

**Ct:** Abreviatura, factor de corrección por transformador en acometida de servicio.

**DDT:** Abreviatura, densidad de descarga a tierra.

**Ha:** Abreviatura, altura de la estructura de donde proviene la acometida de servicio.

**Hb:** Abreviatura, altura del punto de la estructura por donde ingresa la acometida de servicio.

**Hc:** Abreviatura, altura de los conductores del servicio sobre el suelo.

**hz:** Abreviatura, factor de incremento de pérdidas debida a daños físicos por presencia de condiciones especiales peligrosas.

**LA:** Abreviatura, pérdidas relacionadas a lesiones a seres vivos por tensiones de paso y contacto por fuera de la estructura.

**LB:** Abreviatura, pérdidas en la estructura por fuego o explosión por arco (impacto en la estructura).

**Lc:** Abreviatura, longitud de la sección de la acometida de servicio.

**Lf:** Abreviatura, pérdidas por daños físicos.

**Lt:** Abreviatura, pérdidas por lesiones a seres vivos por tensiones de paso y contacto.

**LU:** Abreviatura, pérdidas de vida por tensiones de contacto dentro de la estructura (impactos al servicio).

**LV:** Abreviatura, pérdidas en la estructura relacionadas a daños físicos por descargas en acometidas de servicio.

**ND:** Abreviatura, número de eventos peligrosos debido a impactos directos a la estructura.

**Nda:** Abreviatura, número de eventos peligrosos debido a impactos sobre la estructura adyacente "a" de donde proviene la acometida.

**NL:** Abreviatura, número de eventos peligrosos debido a descargas sobre el servicio.

**PA:** Abreviatura, probabilidad de lesiones a seres vivos a causa de tensiones de paso y contacto por descargas directas a la estructura.

**PB:** Abreviatura, probabilidad de daño a la estructura por descargas directas a la estructura.

**PU:** Abreviatura, probabilidad de lesiones a seres vivos a causa de tensiones de toque por descargas sobre la acometida de servicio.

**PV:** Abreviatura, probabilidad de daños físicos a causa de descargas directas en las acometidas de servicio.

**R1:** Abreviatura, riesgo de pérdidas de vidas humanas en la estructura.

**ra:** Abreviatura, factor reductor de pérdidas de vidas por características del suelo o terreno.

**RA:** Abreviatura, componente de riesgo (lesiones a seres vivos por tensiones de paso y contacto - impacto en la estructura).

**RB:** Abreviatura, componente de riesgo (daños físicos por chispas dentro de la estructura - impacto en la estructura).

**rf:** Abreviatura, factor reductor de pérdidas debido a daños físicos el cual depende del riesgo de fuego de la estructura.

**rp:** Abreviatura, factor reductor de pérdidas debido a daños físicos el cual depende de medidas de protección tomadas para reducir las consecuencias de incendios.

**RT:** Abreviatura, riesgo tolerable.

**ru:** Abreviatura, factor redactor de pérdidas de vida por características constructivas del piso.

**RU:** Abreviatura, componente de riesgo (lesiones a seres vivos por tensiones de paso y contacto- impacto en el servicio).

## Resumen del proyecto

**Cliente:** CEDI HICAR

**Tipo del proyecto:** Industrial-comercial

**Cantidad de usuarios:** 6

**Demanda máxima:** 46.7 kVA

**Cantidad de transformadores:** 1 transformados de 75 kVA 13.2kV/220-127V

**Ubicación de la obra:** GIRÓN, SANTANDER.

**Fecha:** 02/03/2024

### Objetivo

Este documento informa los cálculos y dimensionamiento de la **INSTALACIÓN ELÉCTRICA** correspondiente al proyecto **CEDI HICAR, SANTANDER**, El proyecto abarca una variedad de espacios, incluyendo locales comerciales, oficinas, áreas de descanso, salas de reuniones, cafeterías, baños, entre otros, lo que lo clasifica como un proyecto de uso mixto.

**Tabla 1** Diseño detallado de la barra W según el artículo 10.1.1 del RETIE

Ítems	Descripción	Ítem Memoria
<b>A</b>	Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de fator de potencia y armónicos	APLICA
<b>B</b>	Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico	NO APLICA
<b>C</b>	Análisis de cortocircuito y falla a tierra	APLICA
<b>D</b>	Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos	APLICA

<b>E</b>	Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos	APLICA
<b>F</b>	Análisis del nivel de tensión requerido	APLICA
<b>G</b>	Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinaria de las personas, no se superen los límites de exposición	NO APLICA
<b>H</b>	Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga	APLICA
<b>I</b>	Cálculo de sistema de puesta a tierra	APLICA
<b>J</b>	Calculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.	APLICA
<b>K</b>	Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de corto circuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.	APLICA
<b>L</b>	Calculo mecánico de estructura y elementos de sujeción de equipos	NO APLICA
<b>M</b>	Calculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de	APLICA

	corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A	
<b>N</b>	Cálculos de canalización y volumen de encerramientos	APLICA
<b>O</b>	Cálculo de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia	APLICA
<b>P</b>	Cálculos de regulación	APLICA
<b>Q</b>	Clasificación de áreas	NO APLICA
<b>R</b>	Elaboración de diagramas unifilares	APLICA
<b>S</b>	Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción	APLICA
<b>T</b>	Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares	APLICA
<b>U</b>	Establecer las distancias de seguridad requeridas	APLICA
<b>V</b>	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	NO APLICA
<b>W</b>	Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o terminas.	NO APLICA

**Nota.** Tomado de Ítems RETIE de la A-W

### **a. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos**

La selección de alimentadores y acometidas se realiza mediante la estimación de la carga máxima proyectada dentro del complejo comercial e industrial, que incluye oficinas, bodegas y locales comerciales. La metodología de diseño se fundamenta en los lineamientos establecidos por la NTC 2050, específicamente en la sección 220, subsección B para los factores de carga de alumbrado general, y la subsección C para el cálculo en unidades comerciales, no se proyectan cargas futuras o de ampliación de carga, sin embargo, se dejó una reserva de 30kVA a petición del cliente.

#### **a.1 Análisis de armónicos:**

Para realizar el análisis de armónicos se hace necesario el estudio de cargas que originen estos como pueden ser:

- Convertidores
- Hornos de arco
- Compensadores estáticos de reactiva
- Inversores
- Controladores
- Variadores

Realizando un análisis de carga, tenemos que no se encuentra ninguno de los anteriores equipos, lo cual no genera distorsión armónica relevante.

### **a.2 Análisis de factor de potencia:**

Para el proyecto del complejo comercial e industrial CEDI HICAR se asumió un factor de potencia de diseño de 0,9 para todas las instalaciones eléctricas, según lo establecido en la resolución CREG 108 de 1997.

De acuerdo con la información anteriormente suministrada se presentan los siguientes cuadros de carga de banco de medidores, tableros generales, y de distribución.

## **BANCO DE MEDIDORES**

Figura 1 Cuadro de cargas del banco de medidores

BANCO DE MEDIDORES										
CIRCUITO	BALANCE DE FASES			VA	I MAX	I para el cálculo del conductor NTC 2050	CONDUCTORES	DUCTERIA	PROTECCIÓN	DESCRIPCIÓN
	R	S	T		[A]		Cu		[A]	
1	9,445.26	9,445.26	9,445.26	28,335.78	74.36	93.0	1x(3#2F.+1#2N.+1#8T)	1x1 1/2"	3X95A	TGBT
2		1,541.11	1,541.11	3,082.22	14.01	17.5	1x(2#8F.+1#8N.+1#8T)	1x1"	2X40A	TDL1
3	1,541.11		1,541.11	3,082.22	14.01	17.5	1x(2#8F.+1#8N.+1#8T)	1x1"	2X40A	TDL2
4	1,541.11	1,541.11		3,082.22	14.01	17.5	1x(2#8F.+1#8N.+1#8T)	1x1"	2X40A	TDL3
5		1,541.11	1,541.11	3,082.22	14.01	17.5	1x(2#8F.+1#8N.+1#8T)	1x1"	2X40A	TDL4
6	1,541.11		1,541.11	3,082.22	14.01	17.5	1x(2#8F.+1#8N.+1#8T)	1x1"	2X40A	TDL5
7										RESERVA
TGBT	14,068.59	14,068.59	15,609.70	43,746.89	114.81	143.5	2x(3#1/0F.+1#1/0N.+1#6T)	2x2"	3X200A	Acometida
	43.7									

**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

## TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN

Figura 2 Cuadro de cargas del tablero general de baja tensión.

Nota. Cuadro de cargas producido por el diseñador

TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN (TGBT)										
CIRCUITO	BALANCE DE FASES			VA	I MAX	I para el calcula del conductor NTC 2050	CONDUCTORES	DUCTERIA	PROTECCIÓN	DESCRIPCIÓN
	R	S	T		[A]		Cu		[A]	
1	1,641.11	1,641.11	1,641.11	4,923.33	12.92	16.2	1x(3#10F.+1#10N.+1#10T)	1x1"	3X30A	TDP2
2	1,375.00	1,375.00		2,750.00	7.22	9.0	1x(2#10F.+1#10N.+1#10T)	1x1"	2X30A	TRP2
3	1,702.30	1,702.30	1,702.30	5,106.89	13.40	16.8	1x(3#8F.+1#8N.+1#8T)	1x1"	3X40A	TDBOD
4	5,185.19	5,185.19	5,185.19	15,555.56	40.82	51.0	1x(3#4F.+1#4N.+1#8T)	1x1 1/2"	3X70A	TAA
5										RESERVA
6										RESERVA
TGBT	9,903.59	9,903.59	8,528.59	28,335.78	74.36	93.0	1x(3#2F.+1#2N.+1#8T)	1x1 1/2"	3X95A	Acometida
	28.3									

## **TABLERO DE DISTRIBUCIÓN LOCAL 1**

Figura 3 Cuadro de cargas de tablero de distribución local 1

**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

CUADRO DE CARGAS CEDI HICAR, TABLERO NORMAL LOCAL 1																					
Nº	PANEL LED 60X60		BALA DE 12W		TOMACORRIENTE E GFCI		AIRE ACONDICIONADO SPLIT 12000 BTU		TOMACORRIENTE NORMAL		ILUMINACION DE EMERGENCIA		BALANCE DE FASES [W]		VA	I MAX	I para el calculo del conductor NTC 2050	CONDUCTORES	DUCTERIA A	PROTECCIÓN	DESCRIPCIÓN
Circuito													R	S		[A]		Cu FRLS		[A]	
		40		12		171		1400		171		3.2									
TDL5.1		0		0	1	171		0	3	513		0	684		760.00	5.98	7.48	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE BAÑO Y ALREDEDORES
TDL5.2		0		0		0		0	1	171		0		171	190.00	1.50	1.87	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE MOSTRADOR
TDL5.3-5		0		0		0	1	1400		0		0	700	700	1555.56	7.07	8.84	2#12F+1#12T	3/4" PVC	2x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE AIRE ACONDICIONADO
TDL5.4		0		0		0		0	1	171		0	171		190.00	1.50	1.87	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE EN MITAD DEL LOCAL
TDL5.6	8	320	1	12		0		0		0		0		332	368.89	2.90	3.63	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" EMT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION
TDL5.7		0		0		0		0		0	5	16	16		17.78	0.14	0.17	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" EMT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION EMERGENCIA
TDL5.8		0		0		0		0		0		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.9		0		0		0		0		0		0			0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.10		0		0		0		0		0		0	0		0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.11		0		0		0		0		0		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.12		0		0		0		0		0		0			0.00	0.00	0.00				RESERVA
Salidas	8	320	1	12	1	171	1	1400	5	855	5	16	1571	1203	3082.22	14.8184	18.52	1x(2#8F.+1#8N.+1#8T)	1x1"	2X40A	ACOMETIDA
													2920.00								

Figura 4 Cuadro de regulación de tablero de distribución local 1

CUADRO DE REGULACIÓN PARA CIRCUITOS DE TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 1										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CARGA INSTALADA		FP	LONG.	MOMENTO	FC	Kg	K	REGULACION
		W	VA		(M)	(kVA-m)				%
TDL5.1	TOMACORRIENTE DE BAÑO Y ALREDEDORES	684	760.00	0.9	5.02	3.8152	6	532.18	0.012300758	0.282
TDL5.2	TOMACORRIENTE DE MOSTRADOR	171	190.00	0.9	8.36	1.5884	6	532.18	0.012300758	0.117
TDL5.3-5	TOMACORRIENTE DE AIRE ACONDICIONADO	1400	1555.56	0.9	1.08	1.68	2.5	532.18	0.012300758	0.052
TDL5.4	TOMACORRIENTE EN MITAD DEL LOCAL	171	190.00	0.9	9.4	1.786	6	532.18	0.012300758	0.132
TDL5.6	ILUMINACION	332	368.89	0.9	1.02	0.376266667	6	532.18	0.012300758	0.028
TDL5.7	RESERVA									
TDL5.8	RESERVA									
TDL5.9	RESERVA									
TDL5.10	RESERVA									
TDL5.11	RESERVA									
TDL5.12	RESERVA									
Salidas	ACOMETIDA	2758	3064.44	0.9	20	61.28888889	2.5	38.1696	0.000882249	0.135

**Nota.** Cuadro de regulación de tablero de distribución local 2

## TABLERO DE DISTRIBUCIÓN LOCAL 2

Figura 5 Cuadro de cargas de tablero de distribución local 2

**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

CUADRO DE CARGAS CEDIHICAR, TABLERO NORMAL LOCAL 1																						
N°	PANEL LED 60X60		BALADE 12W		TOMACORRIENTE E GFCI		AIRE ACONDICIONADO SPLIT 12000 BTU		TOMACORRIENTE NORMAL		ILUMINACION DE EMERGENCIA		BALANCE DE FASES [W]		VA	I MAX	I para el calculo del conductor NTC 2050	CONDUCTORES		DUCTERIA A	PROTECCIÓN	DE SCRIPCIÓN
Circuito													R	S		[A]					[A]	
		40		12		171		1400		171		3.2										
TDL5.1		0		0	1	171		0	3	513		0	684		760.00	5.98	7.48	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE BAÑO Y ALREDEDORES	
TDL5.2		0		0		0		0	1	171		0		171	190.00	1.50	1.87	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE MOSTRADOR	
TDL5.3-5		0		0		0	1	1400		0		0	700	700	1555.56	7.07	8.84	2#12F+1#12T	3/4" PVC	2x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE AIRE ACONDICIONADO	
TDL5.4		0		0		0		0	1	171		0	171		190.00	1.50	1.87	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE EN MITAD DEL LOCAL	
TDL5.6	8	320	1	12		0		0		0		0		332	368.89	2.90	3.63	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" E MT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION	
TDL5.7		0		0		0		0		0	5	16	16		17.78	0.14	0.17	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" E MT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION EMERGENCIA	
TDL5.8		0		0		0		0		0		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA	
TDL5.9		0		0		0		0		0		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA	
TDL5.10		0		0		0		0		0		0	0		0.00	0.00	0.00				RESERVA	
TDL5.11		0		0		0		0		0		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA	
TDL5.12		0		0		0		0		0		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA	
Salidas	8	320	1	12	1	171	1	1400	5	855	5	16	1571	1203	3082.22	14.8184	18.52	1x(2#8F.+1#8N.+1#8T)	1x1"	2X40A	ACOMETIDA	
													2920.00									

Figura 6 Cuadro de regulación de tablero de distribución local 2

**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

CUADRO DE REGULACIÓN PARA CIRCUITOS DE TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 1										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CARGA INSTALADA		FP	LONG.	MOMENTO	FC	Kg	K	REGULACION
		W	VA		(M)	(kVA-m)				%
TDL5.1	TOMACORRIENTE DE BAÑO Y ALREDEDORES	684	760.00	0.9	5.02	3.8152	6	532.18	0.012300758	0.282
TDL5.2	TOMACORRIENTE DE MOSTRADOR	171	190.00	0.9	8.36	1.5884	6	532.18	0.012300758	0.117
TDL5.3-5	TOMACORRIENTE DE AIRE ACONDICIONADO	1400	1555.56	0.9	1.08	1.68	2.5	532.18	0.012300758	0.052
TDL5.4	TOMACORRIENTE EN MITAD DEL LOCAL	171	190.00	0.9	9.4	1.786	6	532.18	0.012300758	0.132
TDL5.6	ILUMINACION	332	368.89	0.9	1.02	0.376266667	6	532.18	0.012300758	0.028
TDL5.7	ILUMINACION EMERGENCIA	16	17.78	0.9	5	0.088888889	3	532.18	0.012300758	0.003
TDL5.8	RESERVA									
TDL5.9	RESERVA									
TDL5.10	RESERVA									
TDL5.11	RESERVA									
TDL5.12	RESERVA									
<b>Salidas</b>	<b>ACOMETIDA</b>	<b>2774</b>	<b>3082.22</b>	<b>0.9</b>	<b>20</b>	<b>61.64444444</b>	<b>2.5</b>	<b>38.17</b>	<b>0.000882249</b>	<b>0.136</b>

### TABLERO DE DISTRIBUCIÓN LOCAL 3

**Figura 7** Cuadro de cargas de tablero de distribución local 3

**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

CUADRO DE CARGAS CEDIHICAR, TABLERO NORMAL LOCAL 1																					
N°	PANEL LED 60X60		BALADE 12W		TOMACORRIENTE GFCI		AIRE ACONDICIONADO SPLIT 12000 BTU		TOMACORRIENTE NORMAL		ILUMINACION DE EMERGENCIA		BALANCE DE FASES [W]		VA	I MAX [A]	I para el calculo del conductor NTC 2050	CONDUCTORES	DUCTERIA	PROTECCIÓN [A]	DESCRIPCIÓN
Circuito													R	S							
		40		12		171		1400		171		3.2									
TDL5.1		0		0	1	171		0	3	513		0	684		760.00	5.98	7.48	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE BAÑO Y ALREDEDORES
TDL5.2		0		0		0		0	1	171		0		171	190.00	1.50	1.87	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE MOSTRADOR
TDL5.3-5		0		0		0	1	1400		0		0	700	700	1555.56	7.07	8.84	2#12F+1#12T	3/4" PVC	2x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE AIRE ACONDICIONADO
TDL5.4		0		0		0		0	1	171		0	171		190.00	1.50	1.87	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE EN MITAD DEL LOCAL
TDL5.6	8	320	1	12		0		0		0		0		332	368.89	2.90	3.63	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" E MT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION EMERGENCIA
TDL5.7		0		0		0		0		0	5	16	16		17.78	0.14	0.17	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" E MT	1x20 A, 10 kA	RESERVA
TDL5.8		0		0		0		0		0		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.9		0		0		0		0		0		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.10		0		0		0		0		0		0	0		0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.11		0		0		0		0		0		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.12		0		0		0		0		0		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA
Salidas	8	320	1	12	1	171	1	1400	5	855	5	16	1571	1203	3082.22	14.8184	18.52	1x(2#8F.+1#8N.+1#8T)	1x1"	2X40A	ACOMETIDA
													2920.00								

**Figura 8** Cuadro de regulación de tablero de distribución local 3

**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

CUADRO DE REGULACIÓN PARA CIRCUITOS DE TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 1										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CARGA INSTALADA		FP	LONG.	MOMENTO	FC	Kg	K	REGULACION
		W	VA		(M)	(kVA-m)				%
TDL5.1	TOMACORRIENTE DE BAÑO Y ALREDEDORES	684	760.00	0.9	5.02	3.8152	6	532.18	0.012300758	0.282
TDL5.2	TOMACORRIENTE DE MOSTRADOR	171	190.00	0.9	8.36	1.5884	6	532.18	0.012300758	0.117
TDL5.3-5	TOMACORRIENTE DE AIRE ACONDICIONADO	1400	1555.56	0.9	1.08	1.68	2.5	532.18	0.012300758	0.052
TDL5.4	TOMACORRIENTE EN MITAD DEL LOCAL	171	190.00	0.9	9.4	1.786	6	532.18	0.012300758	0.132
TDL5.6	ILUMINACION	332	368.89	0.9	1.02	0.376266667	6	532.18	0.012300758	0.028
TDL5.7	ILUMINACION EMERGENCIA	16	17.78	0.9	5	0.088888889	3	532.18	0.012300758	0.003
TDL5.8	RESERVA									
TDL5.9	RESERVA									
TDL5.10	RESERVA									
TDL5.11	RESERVA									
TDL5.12	RESERVA									
<b>Salidas</b>	<b>ACOMETIDA</b>	<b>2774</b>	<b>3082.22</b>	<b>0.9</b>	<b>20</b>	<b>61.64444444</b>	<b>2.5</b>	<b>38.17</b>	<b>0.000882249</b>	<b>0.136</b>

## TABLERO DE DISTRIBUCIÓN LOCAL 4

**Figura 9** Cuadro de cargas de tablero de distribución local 4

**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

CUADRO DE CARGAS CEDIHICAR, TABLERO NORMAL LOCAL 1																					
N°	PANEL LED 60X60		BALADE 12W		TOMACORRIENTE GFCI		AIRE ACONDICIONADO SPLIT 12000 BTU		TOMACORRIENTE NORMAL		ILUMINACION DE EMERGENCIA		BALANCE DE FASES [W]		VA	I MAX [A]	I para el calculo del conductor NTC 2050	CONDUCTORES	DUCTERIA	PROTECCIÓN	DESCRIPCIÓN
Circuito													R	S				Cu FRLS		[A]	
		40		12		171		1400		171		3.2									
TDL5.1		0		0	1	171		0	3	513		0	684		760.00	5.98	7.48	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE BAÑO Y ALREDEDORES
TDL5.2		0		0		0		0	1	171		0		171	190.00	1.50	1.87	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE MOSTRADOR
TDL5.3-5		0		0		0	1	1400		0		0	700	700	1555.56	7.07	8.84	2#12F+1#12T	3/4" PVC	2x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE AIRE ACONDICIONADO
TDL5.4		0		0		0		0	1	171		0	171		190.00	1.50	1.87	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE EN MITAD DEL LOCAL
TDL5.6	8	320	1	12		0		0		0		0		332	368.89	2.90	3.63	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" E MT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION
TDL5.7		0		0		0		0		0	5	16	16		17.78	0.14	0.17	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" E MT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION EMERGENCIA
TDL5.8		0		0		0		0		0		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.9		0		0		0		0		0		0			0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.10		0		0		0		0		0		0	0		0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.11		0		0		0		0		0		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.12		0		0		0		0		0		0			0.00	0.00	0.00				RESERVA
Salidas	8	320	1	12	1	171	1	1400	5	855	5	16	1571	1203	3082.22	14.8184	18.52	1x(2#8F.+1#8N.+1#8T)	1x1"	2X40A	ACOMETIDA
													2920.00								

**Figura 10** Cuadro de regulación de tablero de distribución local 4

**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

CUADRO DE REGULACIÓN PARA CIRCUITOS DE TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 1										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CARGA INSTALADA		FP	LONG.	MOMENTO	FC	Kg	K	REGULACION
		W	VA		(M)	(kVA-m)				%
TDL5.1	TOMACORRIENTE DE BAÑO Y ALREDEDORES	684	760.00	0.9	5.02	3.8152	6	532.18	0.012300758	0.282
TDL5.2	TOMACORRIENTE DE MOSTRADOR	171	190.00	0.9	8.36	1.5884	6	532.18	0.012300758	0.117
TDL5.3-5	TOMACORRIENTE DE AIRE ACONDICIONADO	1400	1555.56	0.9	1.08	1.68	2.5	532.18	0.012300758	0.052
TDL5.4	TOMACORRIENTE EN MITAD DEL LOCAL	171	190.00	0.9	9.4	1.786	6	532.18	0.012300758	0.132
TDL5.6	ILUMINACION	332	368.89	0.9	1.02	0.376266667	6	532.18	0.012300758	0.028
TDL5.7	ILUMINACION EMERGENCIA	16	17.78	0.9	5	0.088888889	3	532.18	0.012300758	0.003
TDL5.8	RESERVA									
TDL5.9	RESERVA									
TDL5.10	RESERVA									
TDL5.11	RESERVA									
TDL5.12	RESERVA									
<b>Salidas</b>	<b>ACOMETIDA</b>	<b>2774</b>	<b>3082.22</b>	<b>0.9</b>	<b>20</b>	<b>61.64444444</b>	<b>2.5</b>	<b>38.17</b>	<b>0.000882249</b>	<b>0.136</b>

## TABLERO DE DISTRIBUCIÓN LOCAL 5

**Figura 11** Cuadro de cargas de tablero de distribución local 5

CUADRO DE CARGAS CEDIHICAR, TABLERO NORMAL LOCAL 1																					
N°	PANEL LED 60X60		BALADE 12W		TOMACORRIENTE GFCI		AIRE ACONDICIONADO SPLIT 12000 BTU		TOMACORRIENTE NORMAL		ILUMINACION DE EMERGENCIA		BALANCE DE FASES [W]		VA	I MAX [A]	I para el calculo del conductor NTC 2050	CONDUCTORES	DUCTERIA	PROTECCIÓN	DESCRIPCIÓN
Circuito													R	S				Cu FRLS		[A]	
		40		12		171		1400		171		3.2									
TDL5.1		0		0	1	171		0	3	513		0	684		760.00	5.98	7.48	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE BAÑO Y ALREDEDORES
TDL5.2		0		0		0		0	1	171		0		171	190.00	1.50	1.87	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE MOSTRADOR
TDL5.3-5		0		0		0	1	1400		0		0	700	700	1555.56	7.07	8.84	2#12F+1#12T	3/4" PVC	2x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE DE AIRE ACONDICIONADO
TDL5.4		0		0		0		0	1	171		0	171		190.00	1.50	1.87	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE EN MITAD DEL LOCAL
TDL5.6	8	320	1	12		0		0		0		0		332	368.89	2.90	3.63	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" EMT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION
TDL5.7		0		0		0		0		0	5	16	16		17.78	0.14	0.17	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" EMT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION EMERGENCIA
TDL5.8		0		0		0		0		0		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.9		0		0		0		0		0		0			0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.10		0		0		0		0		0		0	0		0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.11		0		0		0		0		0		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDL5.12		0		0		0		0		0		0			0.00	0.00	0.00				RESERVA
Salidas	8	320	1	12	1	171	1	1400	5	855	5	16	1571	1203	3082.22	14.8184	18.52	1x(2#8F.+1#8N.+1#8T)	1x1"	2X40A	ACOMETIDA
													2920.00								

**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

**Figura 12** Cuadro de regulación de tablero de distribución local 5

CUADRO DE REGULACIÓN PARA CIRCUITOS DE TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 1										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CARGA INSTALADA		FP	LONG.	MOMENTO	FC	Kg	K	REGULACION
		W	VA		(M)	(kVA-m)				%
TDL5.1	TOMACORRIENTE DE BAÑO Y ALREDEDORES	684	760.00	0.9	5.02	3.8152	6	532.18	0.012300758	0.282
TDL5.2	TOMACORRIENTE DE MOSTRADOR	171	190.00	0.9	8.36	1.5884	6	532.18	0.012300758	0.117
TDL5.3-5	TOMACORRIENTE DE AIRE ACONDICIONADO	1400	1555.56	0.9	1.08	1.68	2.5	532.18	0.012300758	0.052
TDL5.4	TOMACORRIENTE EN MITAD DEL LOCAL	171	190.00	0.9	9.4	1.786	6	532.18	0.012300758	0.132
TDL5.6	ILUMINACION	332	368.89	0.9	1.02	0.376266667	6	532.18	0.012300758	0.028
TDL5.7	ILUMINACION EMERGENCIA	16	17.78	0.9	5	0.088888889	3	532.18	0.012300758	0.003
TDL5.8	RESERVA									
TDL5.9	RESERVA									
TDL5.10	RESERVA									
TDL5.11	RESERVA									
TDL5.12	RESERVA									
<b>Salidas</b>	<b>ACOMETIDA</b>	<b>2774</b>	<b>3082.22</b>	<b>0.9</b>	<b>20</b>	<b>61.64444444</b>	<b>2.5</b>	<b>38.17</b>	<b>0.000882249</b>	<b>0.136</b>

**Nota.** Cuadro de regulación producido por el diseñador

## TABLERO DE BODEGA

**Figura 13** Cuadro de cargas de tablero de distribución bodega

CUADRO DE CARGAS CEDI HICAR, TABLERO NORMAL BODEGA																		
Nº	BALAS LED DE 200W		BALA LED DE 12W		TOMACORRIENTE NORMAL		ILUMINACION DE EMERGENCIA		BALANCE DE FASES [W]			VA	I MAX	I para el calculo del conductor NTC 2050	CONDUCTORES	DUCTERIA	PROTECCIÓN	DESCRIPCIÓN
Circuito									R	S	T		[A]		Cu FRLS		[A]	
		200		12		171		3.2										
TDBOD.1		0		0	4	684		0	684			760.00	5.98	7.48	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE EN BODEGA
TDBOD.2		0		0	4	684		0	684			760.00	5.98	7.48	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE EN BODEGA
TDBOD.3	4	800		0		0		0		800		888.89	7.00	8.75	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" EMT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION BODEGA
TDBOD.4		0	2	24		0		0		24		26.67	0.21	0.26	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" EMT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION BAÑOS DE BODEGA
TDBOD.5	4	800		0		0		0			800	888.89	7.00	8.75	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" EMT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION BODEGA
TDBOD.6	4	800		0		0		0			800	888.89	7.00	8.75	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" EMT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION BODEGA
TDBOD.7		0	16	192		0		0	192			213.33	1.68	2.10	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" EMT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION ESCALERAS
TDBOD.8		0		0	3	513		0		513		570.00	4.49	5.61	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	TOMACORRIENTE EN BODEGA
TDBOD.9		0		0		0	31	99.2			99	110.22	0.87	1.08	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION EMERGENCIA
TDBOD.10		0		0		0		0				0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDBOD.11		0		0		0		0				0.00	0.00	0.00				RESERVA
TDBOD.12		0		0		0		0				0.00	0.00	0.00				RESERVA
Salidas	12	2400	18	216	11	1881	31	99.2	1560	1337	1699.2	5106.89	14.1753	17.72	1x(3#8F.+1#8N.+1#8T)	1x1"	3X40A	ACOMETIDA
									4838.11									

**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

**Figura 14** Cuadro de regulación de tablero de distribución bodega

CUADRO DE CARGAS CEDI HICAR, TABLERO NORMAL BODEGA										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CARGA INSTALADA		FP	LONG.	MOMENTO	FC	Kg	K	REGULACION
		W	VA		(M)	(kVA-m)				%
TDBOD.1	TOMACORRIENTE EN BODEGA	684	760.00	0.9	29.4	22.344	6	532.18	0.012300758	1.649
TDBOD.2	TOMACORRIENTE EN BODEGA	684	760.00	0.9	44.14	33.5464	6	532.18	0.012300758	2.476
TDBOD.3	ILUMINACION BODEGA	800	888.89	0.9	5.97	5.306666667	6	532.18	0.012300758	0.392
TDBOD.4	ILUMINACION BAÑOS DE BODEGA	24	26.67	0.9	7.77	0.2072	6	532.18	0.012300758	0.015
TDBOD.5	ILUMINACION BODEGA	800	888.89	0.9	6.91	6.142222222	6	532.18	0.012300758	0.453
TDBOD.6	ILUMINACION BODEGA	800	888.89	0.9	7.45	6.622222222	6	532.18	0.012300758	0.489
TDBOD.7	ILUMINACION ESCALERAS	192	213.33	0.9	0.98	0.209066667	6	532.18	0.012300758	0.015
TDBOD.8	TOMACORRIENTE EN BODEGA	513	570.00	0.9	34.04	19.4028	6	532.18	0.012300758	1.432
TDBOD.9	ILUMINACION EMERGENCIA	99	110.22	0.9	10	1.102222222	3	532.18	0.012300758	0.041
TDBOD.10	RESERVA									
TDBOD.11	RESERVA									
TDBOD.12	RESERVA									
<b>Salidas</b>	<b>ACOMETIDA</b>	<b>4596.2</b>	<b>5106.89</b>	<b>0.9</b>	<b>20</b>	<b>102.1377778</b>	<b>1</b>	<b>38.17</b>	<b>0.000882249</b>	<b>0.090</b>

**Nota.** Cuadro de regulación producido por el diseñador

## TABLERO REGULADO

**Figura 15** Cuadro de cargas de tablero de distribución regulado

CUADRO DE CARGAS CEDI HICAR, TABLERO REGULADO											
Nº	TOMACORRIENTE REGULADO		BALANCE DE FASES [W]		VA	I MAX	I para el cálculo del conductor NTC 2050	CONDUCTORES	DUCTERIA	PROTECCIÓN	DESCRIPCIÓN
Circuito			R	S		[A]		Cu FRLS		[A]	
		225									
TRP2.1	3	675	675		750.00	5.91	7.38	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	RECEPCION, VENTAS, PUESTOS OPERATIVOS
TRP2.2	3	675	675		750.00	5.91	7.38	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	PUESTOS OPERATIVOS
TRP2.3	3	675		675	750.00	5.91	7.38	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	GERENCIA Y DISTRIBUCION
TRP2.4	2	450		450	500.00	3.94	4.92	1#12F+1#12N +1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	PRESIDENCIA
TRP2.5		0	0		0.00	0.00	0.00				RESERVA
TRP2.6		0	0		0.00	0.00	0.00				RESERVA
TRP2.7		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA
TRP2.8		0			0.00	0.00	0.00				RESERVA
TRP2.9		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA
TRP2.10		0	0		0.00	0.00	0.00				RESERVA
TRP2.11		0		0	0.00	0.00	0.00				RESERVA
TRP2.12		0	0		0.00	0.00	0.00				RESERVA
Salidas	11	2475	1350	1125	2750	7.63324	9.54	1x(2#10F.+1#10N.+1#10T)	1x1"	2X30A	ACOMETIDA
			2605.26								

**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

**Figura 16** Cuadro de regulación de tablero de distribución regulado

CUADRO DE REGULACIÓN PARA CIRCUITOS DE TABLERO REGULADO											
CIRCUITO	DESCRIPCION	CARGA INSTALADA		FP	CALIBRE	LONG.	MOMENTO	FC	Kg	K	REGULACION
		W	VA		AWG/MCM	(M)	(kVA-m)				%
TRP2.1	RECEPCION, VENTAS, PUESTOS OPERATIVOS	675	750.00	0.9	12	10.45	7.8375	6	532.18	0.012300758	0.578
TRP2.2	PUESTOS OPERATIVOS	675	750.00	0.9	12	7.5	5.625	6	532.18	0.012300758	0.415
TRP2.3	GERENCIA Y DISTRIBUCION	675	750.00	0.9	12	4.55	3.4125	6	532.18	0.012300758	0.252
TRP2.4	PRESIDENCIA	450	500.00	0.9	12	29	14.5	6	532.18	0.012300758	1.070
TRP2.5	RESERVA										
TRP2.6											
TRP2.7											
TRP2.8											
TRP2.9											
TRP2.10											
TRP2.11											
TRP2.12											
Salidas	ACOMETIDA	2475	2750.00	0.9	1/0	20	55	2.5	38.1696	0.000882249	0.121

**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

## TABLERO DE AIRES ACONDICIONADOS AA

**Figura 17 Cuadro de cargas de tablero de distribución de aires acondicionados**

CUADRO DE CARGAS CEDI HICAR, TABLERO AIRES PISO 2														
Nº	AIRE ACONDICIONADO SPLIT DE 12000BTU		AIRE ACONDICIONADO SPLIT DE 36000BTU		BALANCE DE FASES [W]			VA	I MAX	I para el calculo del conductor NTC 2050	CONDUCTORES	DUCTERIA	PROTECCIÓN	DESCRIPCIÓN
Circuito					R	S	T		[A]		Cu FRLS		[A]	
		1400		4200										
TAA.1-3	1	1400		0	700	700		1555.56	7.48	9.35	2#12F+1#12T	3/4" PVC	2x20 A, 10 kA	VENTAS
TAA.2-4		0	1	4200		2100	2100	4666.67	22.44	28.04	2#12F+1#12T	3/4" PVC	2x30 A, 10 kA	AUDITORIO
TAA.5-7		0	1	4200	2100		2100	4666.67	22.44	28.04	2#12F+1#12T	3/4" PVC	2x30 A, 10 kA	GERENCIA
TAA.6-8		0	1	4200	2100	2100		4666.67	22.44	28.04	2#12F+1#12T	3/4" PVC	2x30 A, 10 kA	PRESIDENCIA
TAA.9		0		0		0	0	0.00	0.00	0.00				
TAA.10		0		0	0		0	0.00	0.00	0.00				
TAA.11		0		0	0	0		0.00	0.00	0.00				
TAA.12		0		0		0	0	0.00	0.00	0.00				
TAA.13		0		0	0		0	0.00	0.00	0.00				
TAA.14		0		0	0	0		0.00	0.00	0.00				
TAA.15		0		0		0	0	0.00	0.00	0.00				
TAA.16		0		0	0		0	0.00	0.00	0.00				
TAA.17		0		0	0		0	0.00	0.00	0.00				
TAA.18		0		0	0	0		0.00	0.00	0.00				
Salidas	1	1400		12600	4900	4900	4200	15555.56	43.1779	53.97	1x(3#4F.+1#4N.+1#8T)	1x1 1/2" PVC	3X60A	Acometida
					14736.84									

**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

**Figura 18** Cuadro de regulación de tablero de distribución de aires acondicionados

CUADRO DE REGULACIÓN PARA CIRCUITOS DE AA										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CARGA INSTALADA		FP	LONG.	MOMENTO	FC	Kg	K	REGULACION
		W	VA		(M)	(kVA-m)				%
TAA.1-3	VENTAS	1400	1555.56	0.9	4.53	7.046666667	2.25	532.18	0.012300758	0.195
TAA.2-4	AUDITORIO	4200	4666.67	0.9	11.72	54.69333333	2.25	532.18	0.012300758	1.514
TAA.5-7	GERENCIA	4200	4666.67	0.9	18.32	85.49333333	2.25	532.18	0.012300758	2.366
TAA.6-8	PRESIDENCIA	4200	4666.67	0.9	25.06	116.9466667	2.25	532.18	0.012300758	3.237
TAA.9	0									
TAA.10	0									
TAA.11	0									
TAA.12	0									
TAA.13	0									
TAA.14	0									
TAA.15	0									
TAA.16	0									
TAA.17	0									
TAA.18	0									
<b>Salidas</b>	<b>Acometida</b>	<b>14000</b>	<b>15555.56</b>	<b>0.9</b>	<b>20</b>	<b>311.1111111</b>	<b>1</b>	<b>38.1696</b>	<b>0.000882249</b>	<b>0.274</b>

**Nota.** Cuadro de regulación producido por el diseñador

## TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PISO 2

**Figura 19** Cuadro de cargas de tablero de distribución piso 2

**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

CUADRO DE CARGAS CEDI HICAR, TABLERO DISTRIBUCION PISO 2																								
Nº	PANEL LED 60X60		LAMPARA LED DE MET	COMINAR HER	BALADE 12W	COMINACIION DE EMERGENCIA	TOMACORRIENTE NORMAL		TOMACORRIENTE CRITICO GFCI		BALANCE DE FASES [W]			VA	I MAX	I para el calculo del conductor NTC 2050	CONDUCTORES	DUCTERIA	PROTECCIÓN	DESCRIPCIÓN				
Circuito											R	S	T		[A]						Cu FRLS	[A]		
		40	18	32	12	3.2		117		171														
TDP2.1		0	0	0	0		4	468	0	468			520.00	4.09	5.12	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	SALA DE ESPERA Y RECEPCION					
TDP2.2		0	0	0	0		4	468	0	468			520.00	4.09	5.12	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	PUESTOS OPERATIVOS					
TDP2.3		0	0	0	0		5	585	0		585		650.00	5.12	6.40	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	VENTAS, DISTRIBUCION Y AUDITORIO					
TDP2.4		0	0	0	0		5	585	0		585		650.00	5.12	6.40	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	AUDITORIO Y GERENCIA					
TDP2.5		0	0	0	0			0	2	342		342	380.00	2.99	3.74	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	CAFETERIAS					
TDP2.6	9	360	0	1	32	16	192		0	0		584	648.89	5.11	6.39	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" EMT	1x20 A, 10 kA	RECEPCION, SALA DE ESPERA, PUESTOS OPERATIVOS, CUARTO ELECTRICO, VENTAS, DISTRIBUCION Y PASILLO PRINCIPAL					
TDP2.7		0	0	0	0			0	0	0			0.00	0.00	0.00									
TDP2.8		0	0	0	0		3	351	0	351			390.00	3.07	3.84	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" PVC	1x20 A, 10 kA	PRESIDENCIA					
TDP2.9	9	360	0	0	0			0	0		360		400.00	3.15	3.94	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" EMT	1x20 A, 10 kA	AUDITORIO					
TDP2.10		0	0	0	0	50	160		0	0	160		177.78	1.40	1.75	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" EMT	1x20 A, 10 kA	ILUMINACION DE EMERGENCIA					
TDP2.11	12	480	0	0	4	48		0	0			528	586.67	4.62	5.77	1#12F+1#12N+1#12T	3/4" EMT	1x20 A, 10 kA	GERENCIA, CAFETIN, BANOS, PRESIDENCIA					
TDP2.12		0	0	0	0			0	0		0		0.00	0.00	0.00				RESERVA					
TDP2.13		0	0	0	0			0	0	0			0.00	0.00	0.00				RESERVA					
TDP2.14		0	0	0	0			0	0	0			0.00	0.00	0.00				RESERVA					
TDP2.15		0	0	0	0			0	0		0		0.00	0.00	0.00				RESERVA					
TDP2.16		0	0	0	0			0	0		0		0.00	0.00	0.00				RESERVA					
TDP2.17		0	0	0	0			0	0			0	0.00	0.00	0.00				RESERVA					
TDP2.18		0	0	0	0			0	0			0	0.00	0.00	0.00				RESERVA					
Salidas	30	1200	0	1	32	20	240	50	160	21		2457	2	342	1287	1690	1454	4923.33	13.6658	17.08	1x(3#10F.+1#10N.+1#10T)	1x1"	3X30A	Acometida
												4664.21												

**Figura 20** Cuadro de regulación de tablero de distribución piso 2  
**Nota.** Cuadro de cargas producido por el diseñador

CUADRO DE CARGAS CEDI HICAR, TABLERO DISTRIBUCION PISO 2										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CARGA INSTALADA		FP	LONG. (M)	MOMENTO (kVA-m)	FC	Kg	K	REGULACION %
		W	VA							
TDP2.1	SALA DE ESPERA Y RECEPCION	468	520.00	0.9	19.23	9.9996	6	532.18	0.012300758	0.738
TDP2.2	PUESTOS OPERATIVOS	468	520.00	0.9	7.5	3.9	6	532.18	0.012300758	0.288
TDP2.3	VENTAS, DISTRIBUCION Y AUDITORIO	585	650.00	0.9	16.28	10.582	6	532.18	0.012300758	0.781
TDP2.4	AUDITORIO Y GERENCIA	585	650.00	0.9	23.67	15.3855	6	532.18	0.012300758	1.136
TDP2.5	CAFETERIAS	342	380.00	0.9	23.9	9.082	6	532.18	0.012300758	0.670
TDP2.6	RECEPCION, SALA DE ESPERA, PUESTOS OPERATIVOS, CUARTO ELECTRICO, VENTAS, DISTRIBUCION Y PASILLO PRINCIPAL	584	648.89	0.9	27.83	18.05857778	6	532.18	0.012300758	1.333
TDP2.7	0			0.9						
TDP2.8	PRESIDENCIA	351	390.00	0.9	38.35	14.9565	6	532.18	0.012300758	1.104
TDP2.9	AUDITORIO	360	400.00	0.9	24.94	9.976	6	532.18	0.012300758	0.736
TDP2.10	ILUMINACION DE EMERGENCIA	160	177.78	0.9	15	2.666666667	3	532.18	0.012300758	0.098
TDP2.11	GERENCIA, CAFETIN, BANOS, PRESIDENCIA	528	586.67	0.9	5.5	3.226666667	6	532.18	0.012300758	0.238
TDP2.12	RESERVA									
TDP2.13	RESERVA									
TDP2.14	RESERVA									
TDP2.15	RESERVA									
TDP2.16	RESERVA									
TDP2.17	RESERVA									
TDP2.18	RESERVA									
Salidas	Acometida	4431	4923.33	0.9	20	98.46666667	1	38.17	0.000882249	0.087

### **b. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico**

Las redes de distribución de energía ESSA están diseñadas y construidas cumpliendo con normativas y estándares específicos, como los que se mencionan en la Guía Metodológica GM-03. Coordinación de aislamiento para redes de distribución norma EPM en la Sección 6.2 .Dado que el proyecto ya dispone de una red de media tensión establecida y diseñada a partir de la norma, no es necesario llevar a cabo el análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.

### **c. Análisis de cortocircuito y falla a tierra**

Se calculará la Icc según los datos suministrados y basados en la norma IEC 60909. Anexo Cálculo de Nivel Máximo de Cortocircuito Artículo 14. Documento técnico 1.

#### **Transformador Asociado al Suministro Eléctrico del punto de conexión.**

$S_n$  = Potencia del Transformador asociado

$S_n = 75 \text{ kVA}$

$V_L$  = Tensión de línea Suministro

$V_L = 220 \text{ V}$

$U_z$  = Tensión de Cortocircuito en Transformador.

La siguiente tabla expone el análisis anterior

**Tabla 2** Según la norma NTC 819, tabla para tolerancias sobre perdidas e impedancia de corto circuito

Valores máximos declarados permisibles de corrientes sin carga (I <sub>o</sub> ) Pérdidas sin carga (P <sub>o</sub> ), pérdidas con carga y tensión de cortocircuito a 85 °C (U <sub>z</sub> )				
Potencia nominal KVA	I <sub>o</sub> % de I <sub>n</sub>	P <sub>o</sub> W	P <sub>C</sub> W	U <sub>Z</sub> %
75	3.5	390	1 370	6.0
112,5	2.6	500	1 890	6.0
150	2.5	610	2 400	6.0
225	2.5	790	3 330	6.0
300	2.0	950	4 210	6.0
400	2.0	1 150	5 320	6.0
500	1.7	1 330	6 370	6.0
630	1.7	1 540	7 690	6.0
750	1.5	1 730	8 860	6.0
800	1.5	1 800	9 330	6.0
1 000	1.2	1 980	12 000	6.0
1 250	1.0	2 370	14 300	6.0
1 600	1.0	2 880	17 400	6.0
2 000	1.0	3 430	20 900	6.0
2 500	1.0	4 100	25 000	6.5
3 000	1.0	4 740	29 000	6.5
3 750	1.0	5 650	34 400	6.5
4 000	0.8	5 950	36 100	6.5
5 000	0.8	7 100	42 600	6.5
6 000	0.8	8 200	48 200	7.15
7 500	0.8	9 790	55 100	7.15
10 000	0.8	12 300	63 000	7.15

P<sub>0</sub> - Perdidas sin carga; P<sub>c</sub> - perdidas con carga

U<sub>z</sub> - Tensión de cortocircuito a 85°C

U<sub>z</sub> = 6%

I<sub>cc</sub> = Corriente de cortocircuito Transformador.

$$I_{cc} = (S_n / 1,7371 * V_L * U_z)$$

$$I_{cc} = (75000 / 1,7371 * 220 * U_z)$$

$$I_{cc} = (75000 / 1,7371 * 220 * 0,06)$$

$$I_{cc} = 3280.39A$$

Z<sub>t</sub> = Impedancia Cortocircuito transformador Asumiendo componente inductiva muy superior a componente Resistiva.

$$Z_t = U_z * (V_L * V_L) / S_n$$

$$Z_t = 0,06 * (220 * 220) / 75000$$

$$Z_t = 0,03872 \text{ ohmios.}$$

I<sub>cct</sub> = Corriente de cortocircuito en bornes del transformador.

$$I_{cct} = V_f / Z_T = 127 / 0.03872 = 3279.95 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito transformador 75 kVA I<sub>cc</sub>: 3.279 kA. Se asume como corriente de corto 4 kA.

Al no superar la corriente de cortocircuito de 10 kA se tomará dicho valor como parámetro de diseño.

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

La frecuente amenaza que representan las descargas atmosféricas y su ineludible impacto negativo en o cerca de edificaciones finales, conlleva una serie de riesgos notables: desde daños mecánicos inmediatos hasta incendios o explosiones desencadenados por el arco caliente ionizado del rayo, sobrecalentamiento de conductores, incendios provocados por chispas generadas por sobretensiones, lesiones a personas debido a tensiones de paso y contacto, fallos o mal funcionamiento de sistemas tanto internos como externos a las estructuras, y daños en las conexiones de entrada. Esta realidad ha impulsado el desarrollo de diversas normativas orientadas a establecer directrices adecuadas para el diseño y la implementación de un sistema integral de protección contra rayos, que además tenga en cuenta el reglamento técnico de instalaciones eléctricas.

La elección de un sistema integral de protección contra rayos, cuando es necesario, debe basarse en la evaluación del nivel de riesgo en una determinada área para lograr características de diseño específicas. En este punto, se busca proponer una alternativa dinámica, sencilla y accesible para cualquier usuario con conocimientos básicos previos de la norma técnica colombiana 4552.

El rayo es un fenómeno meteorológico natural cuyas características varían tanto en el espacio como en el tiempo. La mayor incidencia de rayos en el mundo se registra en las tres zonas de mayor convección profunda: América tropical, África central y el norte de Australia. Colombia, ubicada en la Zona de confluencia intertropical, experimenta una de las mayores actividades de rayos en el planeta; por ello, es crucial estandarizar la protección contra este fenómeno. Aunque los métodos desarrollados a nivel mundial son aplicables en Colombia, algunos parámetros del rayo, como la densidad de descargas a tierra o el nivel cerúleo, son particulares de nuestro país.

Todas las consideraciones para la implementación del Sistema Integral de Protección contra Rayos (SIPRA), incluidas las especificaciones, los materiales y la ubicación, deben tenerse en cuenta preferentemente en la etapa de diseño de una estructura a construir. Esto implica llegar

a un consenso entre diseñadores, constructores, instaladores y propietarios. Solo así se logrará conciliar de manera beneficiosa y menos costosa las exigencias técnicas con los aspectos estéticos. La implementación del SIPRA parte del supuesto de que los cableados de la instalación a proteger están en conformidad con lo establecido en la NTC 2050.

### **d.1 Parámetros**

Los parámetros para la evaluación del NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS se relacionan a continuación. Los cuales se complementan con las tablas establecidas en la NTC4552 y de esta manera se pueden establecer una serie de análisis y conclusiones respecto al nivel de Riesgo.

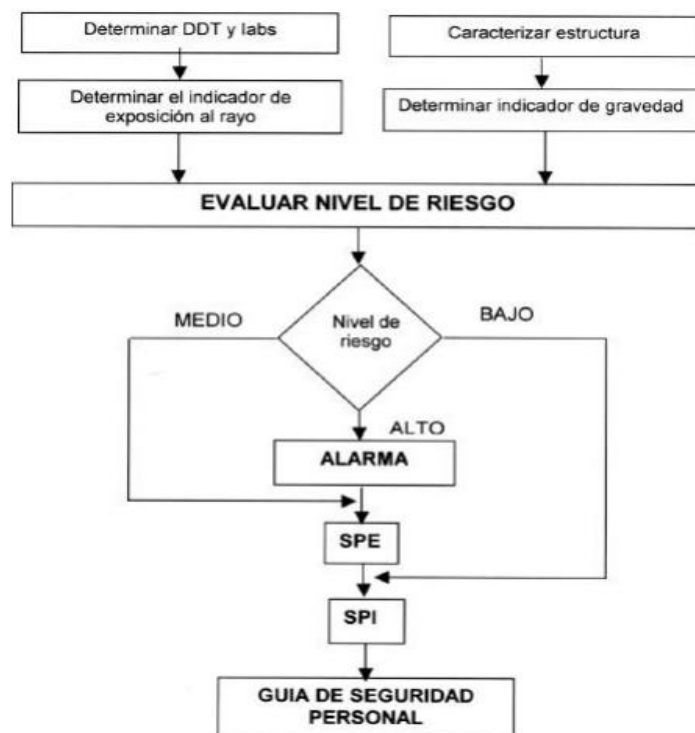
- Densidad de descargas a tierra (DDT)
- Corriente pico absoluta promedio ( $I_{abs}$ )
- Caracterización de la estructura
- Riesgo Calculado
- Riesgo Tolerable

## d.2 Análisis

### d.2.1 Evaluación del nivel de riesgo y medidas para mitigarlo

El nivel de riesgo se obtiene de la ponderación de los indicadores de exposición al rayo y de la gravedad que pueda implicar un impacto directo o indirecto de rayo sobre una estructura. Para esto se realiza el análisis según el diagrama de flujo propuesto en la NTC 4552 Numeral 5.2.

**Figura 21** Evaluación del riesgo



**Nota.** El nivel de protección contra rayos se evaluará a partir de la corriente de rayo, para Colombia según la tabla A.3 de la NTC 4552-1 la corriente pico absoluta promedio de rayo es 43kA.

**Tabla 3 Corriente pico absoluta promedio de rayo**

País	Mediana (kA)
Estados Unidos	23
Suiza	30
Suecia	30
Polonia	31
Malasia	36
Brasil	43
Rodesia	42
Colombia	43
1) Monte cachimbo, minas Gerais, Brasil 1996	
2) Valor estimado mediante mediciones de campo eléctrico a menos de 100 km y aplicando el modelo MTL. [1]	

**Nota.** Sacado de tabla A.3 de la NTC 4552-1

La densidad de descarga a tierra con base en la tabla A.6 de la norma NTC 4552-1 nos indica que el DDT para la ciudad de Bucaramanga Santander es 1.

**Tabla 4** DDT según la región colombiana. Sacado de tabla A.6 de la norma NTC 4552-1

Ciudad	Latitud	Longitud	Densidad promedio
Barranquilla	10,9	-74,8	1
Cartagena	10,5	-75,5	2
Corozal	9,3	-75,3	3
El Banco	9,1	-74,0	10
Magangue	9,3	-74,8	5
Montería	8,8	-75,9	2
Quibdo	5,7	-76,6	9
Santa Marta	11,1	-74,2	2
Tumaco	1,8	-78,8	1
Turbo	8,1	-76,7	5
Valledupar	10,4	-73,3	2
Riohacha	11,5	-72,9	2
Armenia	4,5	-75,8	2
Barranca	7,0	-73,8	7
Bogota	4,7	-74,2	1
Bucaramanga	7,1	-73,1	1
Cali	3,6	-76,4	1
Cúcuta	7,9	-72,5	1
Girardot	4,3	-74,8	5
Ibagué	4,4	-75,2	2
Ipiales	0,8	-77,6	1
Manizales	5,0	-75,5	2
Medellín	6,1	-75,4	1
Neiva	3,0	-75,3	1
Ocaña	8,3	-73,4	2
Pasto	1,4	-77,3	1
Pereira	4,8	-75,7	4
Popayán	2,4	-76,6	1
Remedios	7,0	-74,7	12
Villavicencio	4,2	-73,5	1
Bagre	7,8	-75,2	12
Samaná	5,4	-74,8	9

**Nota.** Con los valores de DDT y  $I_{abs}$  podemos aplicar la metodología dada en la NTC 4552 y determinar el indicador de exposición al rayo:

#### *d.2.2 Evaluación de las acciones tomadas con base al riesgo tolerable*

El riesgo **R** es el valor promedio de pérdidas anuales y debe ser evaluado para los tipos de perdidas asociados a la estructura y a las acometidas de servicios, y se estima el riesgo **R1** que se relaciona con la pérdida de vidas humanas.

Mediante la tabla 9 de la NTC 4552-2 podemos determinar que el riesgo tolerable para la pérdida de vidas humanas. Se tomó como referencia una DDT de Bucaramanga según la norma NTC 4552-1

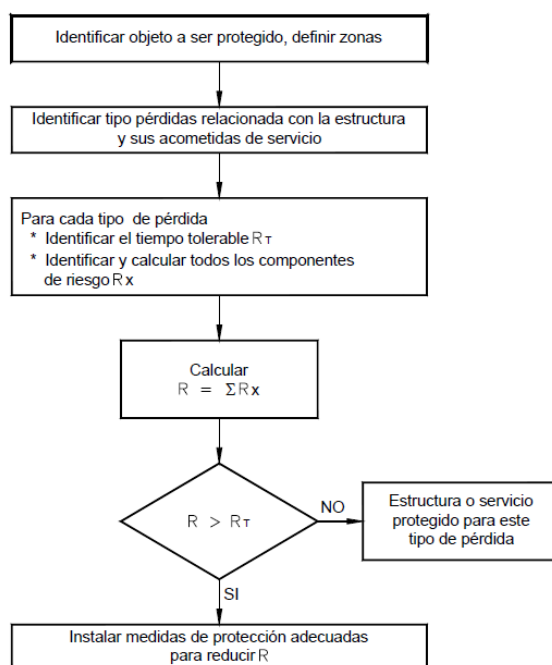
**Tabla 5** Parámetros asociados al Riesgo de Vida Humana

Parametro	Valor	Criterio	
L	31	Estructura a proteger	
W	60	Estructura a proteger	
H	14	Estructura a proteger	
DDT	1.00	Bucaramanga	NTC 4552-1 Tabla A6
Ad	15045.782	Área efectiva para descargas directas en estructura aislada	
Cd	0.25	Objetos rodeados de objetos o árboles más altos	NTC 4552-2 Tabla 10
ND	0.0037614	$ND = DDT \cdot Ad \cdot Cd \cdot 1E-6$	
PA	0.001	Avisos y Equipotencialización	NTC 4552-2 Tabla 14
ra (externo)	0.01	Agricultura, concreto	NTC 4552-2 Tabla 27
Lt	0.0001	Todos los tipos-personas dentro de la estructura	NTC 4552-2 Tabla 26 - 1
LA	0.000001	$LA = ra \cdot Lt$	
PB	1	No protegida	NTC 4552-2 Tabla 15
rp	0.5	Una de las siguientes prevenciones: extintores manuales, instalaciones de alarma manual, hidrantes, compartimientos contra fuego, rutas de evacuación	NTC 4552-2 Tabla 28
rf	0	Ninguno	NTC 4552-2 Tabla 29
hz	2	Nivel bajo de pánico (edificaciones de 2 pisos con un numero no mayor de 100 personas)	NTC 4552-2 Tabla 30
Lf	0.05	Industrias, comercial, escuelas	NTC 4552-2 Tabla 26 - 2
LB	0	$LB = rp \cdot hz \cdot rf \cdot Lf$	
L(a)	0	Edificación adyacente	
W(a)	0	Edificación adyacente	
H(a)	0	Edificación adyacente	
Ad/a	0		
DDT	1		
Cd/a	0.25	Objetos rodeados de objetos o árboles más altos	NTC 4552-2 Tabla 10
Ct	0.2	Tranformador con devanado primario y secundario desacoplados eléctricamente	NTC 4552-2 Tabla 11
Nda	0	$Nda = DDT \cdot Ad/a \cdot Cd/a \cdot Ct \cdot 1E-6$	
Hc	2	Altura sobre la tierra de los conductores del servicio	
Ha	1	Altura de la estructura donde ingresa la acometida de servicio	
Hb	0	Altura punto de la estructura donde ingresa la acometida de servicio	
resistividad	112.72	Resistividad del terreno de la acometida	
Lc	15	Longitud de la sección de la acometida	
AI	127.40361	Subterránea	NTC 4552-2 Tabla 12
NL	6.37E-06	$NL = DDT \cdot AI \cdot Cd \cdot Ct \cdot 1E-6$	
Pu	0.03	III - IV	NTC 4552-2 Tabla 16
PV	0.03	III - IV	NTC 4552-2 Tabla 16
ru (interno)	0.01	Agricultura, concreto	NTC 4552-2 Tabla 27
Lu	0.000001	$Lu = ru \cdot Lt$	
LV	0	$Lv = rp \cdot hz \cdot rf \cdot Lf$	

**Nota.** Cálculos realizados con base en la norma NTC 4552-1 y NTC 4552-2

La figura 2 muestra el procedimiento para la decisión e instalación de algún sistema para reducción del riesgo, la siguiente metodología tomada de la NTC 4552-2.

**Figura 22** Procedimiento para la decisión de necesidad de protección



**Nota.** Extraído a partir de la figura 2 de la norma NTC 4552-2

El valor de Riesgo tolerable máximo permitido es de 0,00001. El cálculo se especifica en la tabla 5.

### ***d.2.3 Conclusiones***

Aplicando el diagrama de flujo dado en la NTC 4552-2 en la figura 2, podemos concluir que la medida tomada para la protección de la estructura a construir está protegida para este tipo de pérdidas, ya que el riesgo evaluado R1 está por debajo del riesgo tolerable RT.

### **e. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos**

En general la utilización y dependencia tanto industrial como domestico de la energía eléctrica ha traído consigo la aparición de accidentes por contactos con elementos energizados o incendios, los cuales se han incrementado por el aumento del número de instalaciones, principalmente en la distribución y uso final de la electricidad.

El resultado final del paso de una corriente por el cuerpo humano puede predecirse con un gran porcentaje de certeza, si se toman ciertas condiciones de riesgo conocidas y se evalúa en qué medida influyen todos los factores que se conjugan en un accidente de tipo eléctrico.

#### **e.1 Parámetros**

Los parámetros que influyen en el análisis del riesgo por factores de origen eléctrico se presentan a continuación:

- Contacto directo
- Cortocircuitos
- Contacto indirecto
- Electricidad estática
- Equipos defectuosos
- Descargas atmosféricas
- Sobrecargas
- Tensión de contacto
- Tensión de paso

- Arco eléctrico

## e.2 Análisis

Las matrices de riesgo se llenan de acuerdo con la información presente en campo analizada por el profesional competente. En caso de que alguna matriz nos arroje un valor elevado, se indicará inadmisibles para trabajar o requerirá un permiso especial para su ejecución, sin importar el nivel de riesgo, se tenderá a minimizar su afectación.

**Tabla 6** Matriz de riesgo eléctrico-arco eléctrico MT

Matriz para análisis de riesgo											
FACTOR DE RIESGO POR ARCOS ELÉCTRICOS											
POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.											
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.											
RIESGO A EVALUAR:		Electrocución o quemadura			por	Arcos Eléctricos			(al) o (en)		RED MT
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			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 mas 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	MEDIO	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	

**Nota.** Tomado de tabla 9.3 del RETIE y el artículo 9.2.1 Matriz de análisis de riesgos.

**Tabla 7** Matriz de riesgo eléctrico-contacto eléctrico MT.

Matriz para análisis de riesgo											
FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO DIRECTO											
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación primaria en media tensión se pueden presentar electrocución por negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.											
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.											
RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemaduras					por	Contacto directo			(al) o (en)	RED MT
	EVENTO O EFECTO					FACTOR DE RIESGO (CAUSA)					FUENTE
POTENCIAL	<input checked="" type="checkbox"/>				REAL	<input type="checkbox"/>					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 mas 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	MEDIO	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	

**Nota.** Tomado de tabla 9.3 del RETIE y el artículo 9.2.1 Matriz de análisis de riesgos.

**Tabla 8** Matriz de riesgo eléctrico-contacto indirecto MT

Matriz para análisis de riesgo										
FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO INDIRECTO										
<b>POSIBLES CAUSAS:</b> En el desarrollo de la instalación eléctrica de media tensión se puede presentar electrocución por fallas de aislamiento, por falta de conductor de puesta a tierra o quemaduras por inducción al violar distancias de seguridad.										
<b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.										
RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemaduras					Contacto indirecto				RED MT
	EVENTO O EFECTO					FACTOR DE RIESGO (CAUSA)				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 mas 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	MEDIO	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

**Nota.** Tomado de tabla 9.3 del RETIE y el artículo 9.2.1 Matriz de análisis de riesgos.

Tabla 9 Matriz de riesgo eléctrico-corto circuito MT

Matriz para análisis de riesgo										
FACTOR DE RIESGO POR CORTOCIRCUITO										
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica de media tensión se puede presentar electrocución por fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos o quemaduras por inducción al violar distancias de seguridad.										
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.										
RIESGO A EVALUAR:	Quemaduras				por	Cortocircuitos			(al) o (en)	RED MT
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE		
POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>		REAL		<input type="checkbox"/>		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 mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente E4	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	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 E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador: HUGO ANDRES RUEDA FRANCO MP: 0 Fecha: 12/06/2024										

Nota. Tomado de tabla 9.3 del RETIE y el artículo 9.2.1 Matriz de análisis de riesgos.

Tabla 10 Matriz de riesgo eléctrico-arco eléctrico BT.

Matriz para análisis de riesgo										
FACTOR DE RIESGO POR ARCOS ELÉCTRICOS										
<b>POSIBLES CAUSAS:</b> En el desarrollo de la instalación eléctrica interna y externas de baja tensión se pueden presentar electrocución o quemaduras por malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.										
<b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.										
RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemadura por Arcos Eléctricos (al) o (en) RED BT					FACTOR DE RIESGO FUENTE				
	EVENTO O EFECTO									
POTENCIAL	REAL					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
CONSECUENCIAS	Una o mas 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	MEDIO	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: HUGO ANDRES RUEDA FRANCO MP: 0 FECHA: 15/02/2024										

Nota. Tomado de tabla 9.3 del RETIE y el artículo 9.2.1 Matriz de análisis de riesgos.

Tabla 11 Matriz de riesgo eléctrico- contacto indirecto BT.

Matriz para análisis de riesgo											
FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO INDIRECTO											
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica interna y externas de baja tensión se pueden presentar quemaduras o electrocución por fallas de aislamiento, por falta de conductor de puesta a tierra o quemaduras por inducción al violar distancias de seguridad.											
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento. Mantenimientos predictivo, correctivo y preventivo.											
RIESGO A EVALUAR:	quemaduras o electrocución				por	Contacto indirecto			(al) o (en)	RED BT	
	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 mas 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	MEDIO	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:						HUGO ANDRES RUEDA FRANCO		MP:	0		
FECHA:						15/02/2024					

Nota. Tomado de tabla 9.3 del RETIE y el artículo 9.2.1 Matriz de análisis de riesgos.

**Tabla 12** Matriz de riesgo eléctrico-contacto directo BT.

Matriz para análisis de riesgo										
FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO DIRECTO										
<b>POSIBLES CAUSAS:</b> En el desarrollo de la instalación eléctrica interna y externas de baja tensión se pueden presentar electrocución o quemaduras por negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.										
<b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.										
RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemaduras por Contacto directo (al) o (en)					RED SECUNDARIA 208/120 V				
	EVENTO O EFECTO					FACTOR DE RIESGO				
POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>					REAL <input type="checkbox"/>					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 mas 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	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1día)	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: <u>HUGO ANDRES RUEDA FRANCO</u> MP: <u>0</u> FECHA: <u>15/02/2024</u>										

**Nota.** Tomado de tabla 9.3 del RETIE y el artículo 9.2.1 Matriz de análisis de riesgos.

**Tabla 13** Matriz de riesgo eléctrico-cortocircuito

Matriz para análisis de riesgo											
FACTOR DE RIESGO POR CORTOCIRCUITOS											
<b>POSIBLES CAUSAS:</b> En el desarrollo de la instalación eléctrica de Baja tensión se puede presentar electrocución o quemaduras por por fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos o quemaduras por inducción al violar distancias de seguridad.											
<b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Establecer distancias de seguridad, utilizar elementos de protección personal, instalar puestas a tierra solidas, hacer mantenimiento preventivo y correctivo.											
RIESGO A EVALUAR:	Quemaduras		por		Cortocircuitos		(al) o (en)		RED BT		
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE		
POTENCIAL	<input checked="" type="checkbox"/>		REAL		<input type="checkbox"/>		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 mas muertes	Daño grave en infraestructura . Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	<del>ALTO</del>	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	<del>MEDIO</del>	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes Interrupción breve.	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto	Interna	1	<del>MUY BAJO</del>	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

<b>Evaluador:</b>	HUGO ANDRES RUEDA FRANCO	<b>MP:</b>	0	<b>FECHA:</b>	15/02/2024
-------------------	--------------------------	------------	---	---------------	------------

**Nota.** Tomado de tabla 9.3 del RETIE y el articulo 9.2.1 Matriz de análisis de riesgos.

Tabla 14 Matriz de riesgo eléctrico-rayos

Matriz para análisis de riesgo										
FACTOR DE RIESGO POR RAYOS										
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica de baja tension se puede presentar electrocución por fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.										
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.										
RIESGO A EVALUAR:	Quemaduras, Electrocución		por	Rayos (al) o (en)				Sistema de puesta a tierra		
	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 mas 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	MEDIO	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:						HUGO ANDRES RUEDA FRANCO		MP:	0	
FECHA:						15/02/2024				

Nota. Tomado de tabla 9.3 del RETIE y el artículo 9.2.1 Matriz de análisis de riesgos.

Tabla 15 Matriz de riesgo por sobre carga

Matriz para análisis de riesgo										
FACTOR DE RIESGO POR SOBRECARGA										
<b>POSIBLES CAUSAS:</b> En las instalaciones eléctricas de baja tensión se pueden presentar incendios, daños a equipos cuando superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.										
<b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.										
RIESGO A EVALUAR:	Incendio		por		Sobrecarga		(al) o (en)		Conductores, equipos y/o red secundaria	
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO			FUENTE		
POTENCIAL	<div>X</div>				REAL	<div></div>				
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 mas 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	MEDIO	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		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:						HUGO ANDRES RUEDA FRANCO		MP:	0	
								FECHA:	15/02/2024	

Nota. Tomado de tabla 9.3 del RETIE y el artículo 9.2.1 Matriz de análisis de riesgos.

Tabla 16 Matriz de riesgo eléctrico-tensión de paso

Matriz para análisis de riesgo											
FACTOR DE RIESGO POR TENSIÓN DE CONTACTO											
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica de baja tensión se pueden presentar electrocución o quemaduras por Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.											
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.											
RIESGO A EVALUAR:		Electrocución o quemaduras		por		Tensión de contacto		(al) o (en)		Conductores y equipos	
		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 o currido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
	Una o mas 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	MEDIO	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:		HUGO ANDRES RUEDA FRANCO				MP:		0		FECHA: 15/02/2024	

Tabla 17 Matriz de riesgo eléctrico-electricidad estática

Matriz para análisis de riesgo										
FACTOR DE RIESGO POR ELECTRICIDAD ESTATICA										
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica interna y externas de baja tensión se pueden presentar electrocución por falla de aislamiento en conductores y fallas a tierra.										
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Hacer puestas a tierra de baja resistencia y equipotencializar.										
RIESGO A EVALUAR:		Electrocución		por		Electricidad estática		(al) o (en)		Ambiente o manipulación de equipos
		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 mas 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	MEDIO	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:		HUGO ANDRES RUEDA FRANCO				MP:		0		FECHA: 12/06/2024

Nota. Tomado de tabla 9.3 del RETIE y el artículo 9.2.1 Matriz de análisis de riesgos.

Tabla 18 Matriz de riesgo eléctrico-equipo defectuoso

Matriz para análisis de riesgo										
FACTOR DE RIESGO POR EQUIPO DEFECTUOSO										
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica pueden presentar quemaduras eléctricas o electrocución por mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.										
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.										
RIESGO A EVALUAR:		Electrocución o quemaduras		por		Equipo defectuoso		(al) o (en)		Ambiente o manipulación de equipos
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE
POTENCIAL		X		REAL		FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS						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 mas 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	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción			1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:		HUGO ANDRES RUEDA FRANCO			MP:	0		FECHA:	12/06/2024	

Nota. Tomado de tabla 9.3 del RETIE y el artículo 9.2.1 Matriz de análisis de riesgos.

Tabla 19 Matriz de riesgo eléctrico-tensión contacto

Matriz para análisis de riesgo										
FACTOR DE RIESGO POR TENSIÓN DE PASO										
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica de baja tensión se pueden presentar electrocución o quemaduras por Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.										
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.										
RIESGO A EVALUAR:		Electrocución por				Tensión de paso (al) o (en)		Conductores y equipos		
		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 mas 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	MEDIO	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:		HUGO ANDRES RUEDA FRANCO				MP:		0		FECHA: 15/02/2024

**Nota.** Tomado de tabla 9.3 del RETIE y el artículo 9.2.1 Matriz de análisis de riesgos.

La evaluación de riesgos destacó el alto potencial de cortocircuitos en baja tensión como un riesgo significativo en el proyecto. Por lo tanto, la elección de cables libres de halógenos, se fundamenta en mitigar este riesgo específico, asegurando así la seguridad tanto de la instalación eléctrica como de sus usuarios.

Según la norma NFPA 101 código de seguridad humana en la SECCIÓN 7.3

CAPACIDAD DE LOS MEDIOS DE EGRESO, la sección 7.3.1.2 dice que “La carga de ocupantes en cualquier edificio o parte de este, deberá ser como mínimo el número resultante de dividir el área asignada para ese fin por el factor de la carga de ocupantes para el uso correspondiente como se especifica en la Tabla 7.3.1.2.”

**Tabla 20** Factor de carga de ocupantes 1

<b>Tabla 7.3.1.2 Factor de Carga de Ocupantes</b>		
<b>Uso</b>	<b>pies<sup>2</sup>† (por persona)</b>	<b>m<sup>2</sup>† (por persona)</b>
<b>Uso Penitenciario y Correccional</b>	120	11,1
<b>Uso Residencial</b>		
Hoteles y dormitorios	200	18,6
Edificios de apartamentos	200	18,6
Asilos y centros de acogida	200	18,6
<b>Uso Industrial</b>		
Industrial general y para riesgo alto	100	9,3
Industrial para propósitos especiales	NA‡	NA‡
<b>Uso de Oficinas</b>	100	9,3
<b>Uso Almacenamiento</b> (otras que el almacenamiento mercantil)	NA‡	NA‡
<b>Uso Mercantil</b>		
Planta baja§	30	2,8
Dos o más pisos directamente accesibles desde la calle	40	3,7
Salones de ventas ubicados debajo de la planta baja	30	2,8
Salones de ventas ubicados encima de la planta baja	60	5,6
Pisos o secciones de pisos utilizados exclusivamente para oficinas	<i>Ver uso de Oficinas.</i>	<i>Ver uso de Oficinas.</i>
Pisos o secciones de pisos utilizados exclusivamente para almacenamiento, recepción o embarque y cerradas al público en general	300	27,9
Edificios para centros comerciales cubiertos	Por factores aplicables al uso del espacio#	Por factores aplicables al uso del espacio#

**Nota.** Tomado de la norma NFPA 101 código de seguridad humana en la SECCIÓN 7.3 CAPACIDAD DE LOS MEDIOS DE EGRESO

**Tabla 21** Factor de carga de ocupantes 2

<b>Tabla 7.3.1.2 Factor de Carga de Ocupantes</b>		
<b>Uso</b>	<b>pies<sup>2†</sup> (por persona)</b>	<b>m<sup>2†</sup> (por persona)</b>
<b>Para Reuniones</b>		
<b>Públicas</b>		
Uso concentrado, sin asientos fijos	7 netos	0,65 netos
Menor uso concentrado, sin asientos fijos	15 netos	1,4 netos
Gradas	1 persona cada 18 pulg. lineales	1 persona cada 45,7 cm lineales
Asientos fijos	número de asientos fijos	número de asientos fijos
Espacios de espera	Ver 12.1.7.2 y 13.1.7.2.	Ver 12.1.7.2 y 13.1.7.2.
Cocinas	100	9,3
Bibliotecas, áreas de estanterías	100	9,3
Bibliotecas, áreas de lectura	50 netos	4,6 netos
Piscinas de natación	50 - de superficie de agua	4,6 - de superficie de agua
Cubiertas de piscinas	30	2,8
Salas de ejercicios con equipos	50	4,6
Salas de ejercicios sin equipos	15	1,4
Escenarios	15 netos	1,4 netos
Pasarelas, galerías y andamios para iluminación y acceso	100 netos	9,3 netos
Casinos y áreas de juego similares	11	1
Pistas de patinaje	50	4,6
<b>Uso Educativo</b>		
Aulas	20 netos	1,9 netos
Talleres, laboratorios y salas vocacionales	50 netos	4,6 netos
<b>Uso Guarderías</b>		
	35 netos	3,3 netos
<b>Uso Cuidado de la Salud</b>		
Tratamiento de pacientes internos	240	22,3
Dormitorios	120	11,1

**Nota.** Tomado de la norma NFPA 101 código de seguridad humana en la SECCIÓN 7.3 CAPACIDAD DE LOS MEDIOS DE EGRESO

**Tabla 22** Calculo para ocupación de personas

Calculo Alta Concentración de Ocupantes	Locales	Baños	Presidencia	Cafeteria	Gerencia	Puestos operativos	Recepcion	Cuarto electrico	Ventas	Distribucion	Auditorio	Bodega
Área (m2)	53.9	4.5	42.5	6.26	32.5	22.42	14.5	5.67	8.4	8.1	54.57	756
Factor de Carga de Ocupantes (m <sup>2</sup> ) / persona	5.6	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	1.9	27.9
Ctd de personas ambiente	12	2	10	2	6	6	3	2	3	3	60	20
Carga de Ocupantes	9	0	4	0	3	2	1	0	0	0	28	27
Necesidad de Cable Libre de halógeno?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	NO

**Nota.** Cálculos realizados por el diseñador.

Según los cálculos realizados y conforme al artículo 20.2.9 de los requisitos de instalación del RETIE, inciso g, se ha determinado que en los edificios que utilicen ascensores o en lugares con alta concentración de personas, como los listados en la sección 518 de la NTC 2050 y salones comunales de edificaciones residenciales, se deben utilizar conductores eléctricos con aislamiento o recubrimiento de muy bajo contenido de halógenos, no mayor a 0,5%. Estos conductores deben ser no propagadores de llama, de baja emisión de humos opacos, y certificados según normas como IEC 60754-1-2, IEC 331, IEC 332-1, IEC 332-3, IEC 61034-2, UL 2556 o NTC 5786. Además, los conductores de los cables de bajo contenido de halógenos deben ser del tipo cableado, no se admiten conductores sólidos. Basado en estos requisitos y los cálculos realizados, se confirma que los lugares especificados donde se ha indicado "SI" utilizarán cables libres de halógenos.

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

En cuanto a la selección del nivel de tensión, tanto de los equipos como de las redes asociadas a la construcción de las redes de baja tensión, se tendrán en cuenta los criterios técnicos establecidos por el operador de red.

**Tabla 23** Demandas máximas por niveles de tensión.

Tensión (kV)	Demanda máxima (kVA)
Baja	Hasta.....30
Media (13.2)	Hasta.....500
Media (34,5)	Hasta.....5000

**Nota.** Sacado de norma ESSA tabla 2.1

El nivel de tensión para el CEDI HICAR será de 13,2 kV mediante un transformador de 75 kVA remplazándolo por un existente de 30kVA 13200/220-127 V.

En el análisis y el censo de carga la totalidad de las cargas requieren nivel de tensión en 220-127V.

**g. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidas en la tabla 14.1.**

**Figura 23** Valores límites de exposición a campos electromagnéticos

TIPO DE EXPOSICIÓN	INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO(kV/m)	DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μT)
Exposición ocupacional en un día de trabajo de ocho horas.	8,3	1000
Exposición del público en general hasta ocho horas continuas	4,16	200

**Tabla 14.1** Valores límites de exposición a campos electromagnéticos.

**Nota.** Sacado de la tabla 14.1 del RETIE

De acuerdo con el artículo 14.4 del RETIE hace claridad que para los diseños de líneas y subestaciones con valores de tensión de nivel IV deben contemplar un análisis de campos electromagnéticos. Dado que el proyecto tiene un punto de conexión en el nivel II de tensión se puede omitir del cálculo de exposición a campos electromagnéticos.

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

**h.1 Cálculo de demanda**

Para la determinación de la demanda máxima en el cálculo y diseño de acometidas y transformadores, NTC 2050, se recomienda la aplicación de los factores y criterios expuestos a continuación.

**Tabla 24** Demanda máxima

DEMANDA MAXIMA EN kVA HICAR	
<b>Factor de demanda para el sector COMERCIAL</b>	
Aire acondicionado 220V al 100%	22.56
Carga alumbrado 100%	4.09
Carga tomacorriente normales primeros 10000 al 100% resto al 50%	17.06
Carga de tomas reguladas al 100%	3.00
TOTAL CARGA (kVA)	46.70
<b>DEMANDA MAX EN kVA</b>	<b>46.70</b>
<b>DEMANDA MAX EN kW</b>	<b>44.37</b>
<b>NOTA:</b> El cálculo del alimentador y de la acometida se realiza mediante los artículos 220.11, 220.13, 220.20 y 220.30.1 de la NTC 2050	
<b>Criterios</b>	
1. La carga de Alumbrado se establece su uso al 100%	
2. Tomacorrientes Gen. primeros 10000 al 100% resto al 50%	
3. Equipos aires acondicionados al 100%	
4. Tomacorrientes Reg. resto de areas al 100%	

***h.1.1 Selección de transformador y cargabilidad.***

El transformador seleccionado

se dimensionó con el ítem 1 del presente informe, de donde tenemos las siguientes características de transformador:

Transformador trifásico

Potencia: 75 kVA

Tipo Convencional en aceite

Tipo poste

Tensión primaria 13200 V

Tensión secundaria 220/127 V

Conexión DY5

**Tabla 25** Demanda máxima

SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR	
Nivel de tension	13200/220-127
Fases	3
Tipo de equipo	ACEITE
Potencia estimada en KVA	46.70
Potencia normalizada en KVA	75
Cargabilidad	62%

**Nota.** Datos calculados por el diseñador.

### ***h.1.2 Factor de potencia***

Los factores de potencia de los equipos a usar son: 0.9 para tomacorrientes, luminarias fluorescentes y tipo led.

Considerando el tipo de carga, se concluye que no es necesario instalar banco de condensadores debido a que los reactivos generados por las cargas son muy pequeños.

### ***h.1.3 Efecto de los armónicos***

Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, etc.

Otro tipo de cargas tales como reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de arco, etc., también inyectan armónicos.

El resto de las cargas tienen un comportamiento lineal y no generan armónicos: Inductancias, resistencias y condensadores.

La importancia de los armónicos de corriente queda definida de la siguiente manera:

**Si  $THDi > 50\%$ :** Contaminación importante por lo que es probable que el funcionamiento sea defectuoso; se hace necesario el análisis y el uso de un dispositivo de atenuación.

**Si  $10\% < THDi < 50\%$ :** Contaminación significativa, por lo que podrá existir algún funcionamiento defectuoso.

**Si  $THDi < 10\%$ :** Situación normal: En el presente proyecto las cargas instaladas no generan los armónicos como para sobrepasar más del 10% de distorsión de armónicos total.

**Conclusión:** No se tendrán en cuenta los armónicos para esta instalación ya que las cargas que se tienen no representan demasiadas linealidades.

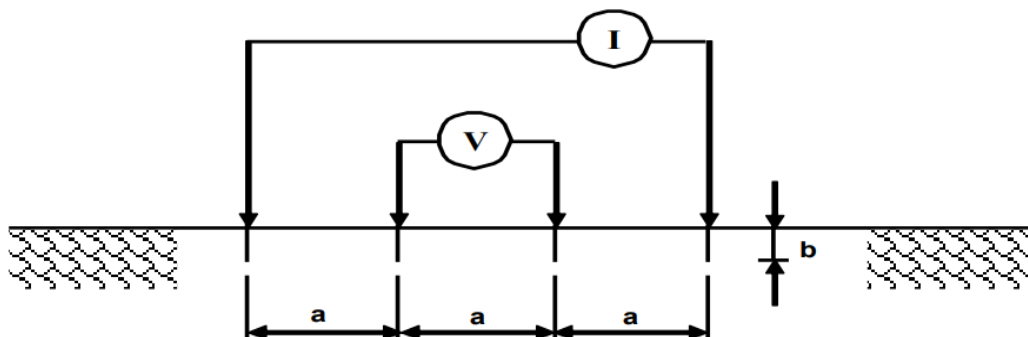
## i. Cálculo del sistema de puesta a tierra

Los sistemas de puesta a tierra contribuyen de forma importante a la protección y el buen funcionamiento de los sistemas de energía eléctrica. Prácticamente todos los equipos eléctricos y electrónicos necesitan estar conectados a una red de puesta a tierra. Por tal motivo la aplicación de la norma RETIE, se hace necesaria para la seguridad de la infraestructura eléctrica y la vida de las personas. Esta memoria de cálculo establece los parámetros para la evaluación del sistema de puesta a tierra, logrando de esta manera mitigar el impacto al bienestar de las personas, daños a equipos y pérdidas económicas.

### i.1 Metodología de diseño para la malla de puesta a tierra.

Para obtener la resistividad del terreno se debe utilizar un (1) telurómetro digital que cumpla con la normatividad de referencia y calibrado por un organismo acreditado con certificación ONAC. Las mediciones se realizarán empleando el método de Wenner recomendado por la IEEE Std. 81, el cual consiste en una medición indirecta con el arreglo de cuatro electrodos dispuestos en línea recta y espaciados uniformemente una distancia “a”, como se indica en la Figura 24.

**Figura 24** Método utilización para medición de resistividad del terreno



**Figura 15.4. Esquema de medición de resistividad aparente**

**Nota.** Figura sacada del RETIE figura 15.4

La cantidad de ejes de medida serán en dos sentidos, la primera se realizará en sentido longitudinal, y la segunda se realizará de forma perpendicular.

Las mediciones realizadas con diferentes espaciamientos permiten evaluar el comportamiento de la resistividad del terreno en función de la profundidad, debido a la distribución de la corriente en forma de hemisferio en el suelo subyacente a la medida. El método y la selección del modelo para obtener la resistividad del terreno se describen a continuación:

La razón entre la corriente conocida y la tensión medida proporciona la resistencia del camino de la corriente y una vez conocida la distancia entre los electrodos, se puede calcular la resistividad del terreno mediante la relación:

$$\rho = 2\pi Ra$$

Donde “R” es la resistencia medida y “a” es la distancia entre electrodos.

El telurómetro en su display presenta un valor en unidades  $\Omega.m$ . El equipo realmente mide la resistencia del camino de la corriente ( $\Omega$ ) y mediante software realiza el cálculo presentado de resistividad ( $\Omega.m$ ).

Los valores de resistividad de terreno deben tomarse como referencia para el diseño de la malla a tierra, teniendo en cuenta si el modelo de resistividad de terreno es de una capa o de dos capas, así:

Cuando la razón entre la desviación estándar y el valor promedio de las mediciones no supera el 30%, se considera que el terreno es homogéneo, por lo tanto, para el diseño de la malla a tierra se utiliza el modelo de una sola capa con resistividad uniforme “ $\rho$ ”, es decir, el valor de la resistividad promedio (Artículo 7 IEEE 81).

Cuando la razón entre la desviación estándar y el valor promedio de las mediciones supera el 30%, se considera que el terreno es no homogéneo, por lo tanto, para el diseño de la malla a tierra se utiliza el modelo de resistividad de terreno de dos capas: una capa de resistividad  $\rho_1$  y

profundidad  $h_1$  y otra capa contigua de resistividad  $\rho_2$  y de profundidad infinita (Artículo 7 IEEE 81).

**Tabla 26** Medición de resistividad en el punto

PUNTO				
EJE	FOTO No	Distancia interelectrodica [m]	Resistividad EJE A	$(X-X_{prom})^2$
A	1	1	129.4	900
	2	2	96.7	7.29
	3	3	85.9	182.25
	4	4	95.2	17.64
	5	5	89.8	92.16
B	6	1	129.4	900
	7	2	96.7	7.29
	8	3	85.9	182.25
	9	4	95.2	17.64
	10	5	89.8	92.16
SUMA			994	2398.68
PROMEDIO			99.4	
DESVIACION ESTANDAR			15.48767	
RELACION P/S			6.418	

**Nota.** Datos calculados por el diseñador.

**Ilustración 1**



**Ilustración 2 Foto 1 Eje A a=1m**



**Ilustración 3 foto 2 Eje A a=2m**



**Ilustración 4 foto 3 Eje A a=3m**



**Ilustración 5 Foto 4. Eje A a=4m**



**Ilustración 6 Foto 5. Eje A a=5m**



**Ilustración 7 Foto 6. Eje B a=1m**



**Ilustración 8 Foto 7.Eje B a=2m**



**Ilustración 9 Foto 8. Eje B a=3m**



**Ilustración 10 Foto 9. Eje B a=4m**



**Ilustración 11 Foto 10. Eje B a=5m**



**Nota.** Fotos tomadas en terreno.

**Tabla 27 Resultados SPT**

Medida No.	P promedio	S Desviación Estándar	P/S	Modelamiento del terreno	Valor de resistividad a usar en el diseño de la malla a tierra
					1 CAPA ( $\Omega.m$ )
					P ( $\Omega.m$ )
1	99,4	15.4876	6.418	P/S<=30% (1 CAPA)	99.4

Nota. Cálculos desarrollados por el diseñador.

Dado que las medidas presentadas no tienen una variación estándar ni P/S de más del 30%, utilizaremos el método de 1 sola capa.

### **i.2 Cálculo de puesta a tierra**

Para el diseño del sistema de puesta a tierra se deben determinar los siguientes factores

- Resistividad del terreno:

$$\rho = \frac{R}{l} \quad \Omega/m \quad (2)$$

Dónde:

$\rho$  : Valor de resistividad de terreno

$R$  : Resistencia del terreno en Ohmios

$l$  : Longitud en metros

- Resistencia del terreno:

$$\rho = \frac{4\pi Ra}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2+b^2}} + \frac{2a}{\sqrt{4a^2+4b^2}}} \quad \Omega/m \quad (3)$$

Donde:

a: Distancia entre electrodos de prueba en línea recta.

b: Profundidad de enterramiento del electrodo de prueba.

Cuando  $a \gg b$  se puede simplificar la anterior ecuación resultando:

$$R = \frac{\rho}{\pi a} \frac{\Omega}{m} \quad (2)$$

- Expresión simplificada para el cálculo de la resistencia de puesta tierra

enterrando solo una varilla:

$$R_{pat} = \frac{\rho}{7,9} \quad (3)$$

Donde:

$\rho$  : Valor de resistividad de terreno

$R_{pat}$  : Resistencia de la puesta a tierra

Tensión de paso (según IEEE 80 Numeral 2.12):

$$E_p = (1000 + 6C_s\rho) * \frac{0.116}{\sqrt{t_s}} \quad (4)$$

- Tensión de toque (según IEEE 80 Numeral 2.12):

$$E_t = (1000 + 1.5C_s\rho) * \frac{0.116}{\sqrt{t}} \quad (5)$$

Dónde:

$R_B = 1000\Omega$  Resistencia promedio del cuerpo humano.

$I_B = \frac{0.116}{\sqrt{t}}$  Corriente tolerable en función del tiempo por el cuerpo (A).

$t_s \rightarrow$  Duración del choque (s).

$6C_{sp} = 2R_f \rightarrow$  Resistencia a tierra de los 2 pies separados 1m en serie sobre la capa superficial.

$1.5 C_{sp} = R_f / 2 \rightarrow$  Resistencia a tierra de los 2 pies juntos en serie sobre la capa superficial.

En concordancia con la metodología ya descrita para el cálculo de la malla de puesta a tierra, se propone construir una malla de puesta a tierra en la subestación con la siguiente configuración:

- Un numero de 4 varillas de 2.4 metros y 5/8 de pulgada.
- Una malla cuadrada de 3x3 metros con una profundidad de 75 centímetros.
- El conductor de la malla es CU 2/0 AWG desnudo.
- La corriente de cortocircuito en el punto del tablero de distribución se asume para efectos de diseño de 10 kA.

### **i.3 Cálculo de la malla de Puesta a Tierra**

Según los parámetros establecidos para la malla de puesta a tierra, los resultados obtenidos de los cálculos muestran que las condiciones cumplen con los requisitos de tensión de toque y tensión de paso. Estos parámetros son esenciales para garantizar la seguridad de las instalaciones y de las personas que puedan estar en contacto con los equipos eléctricos.

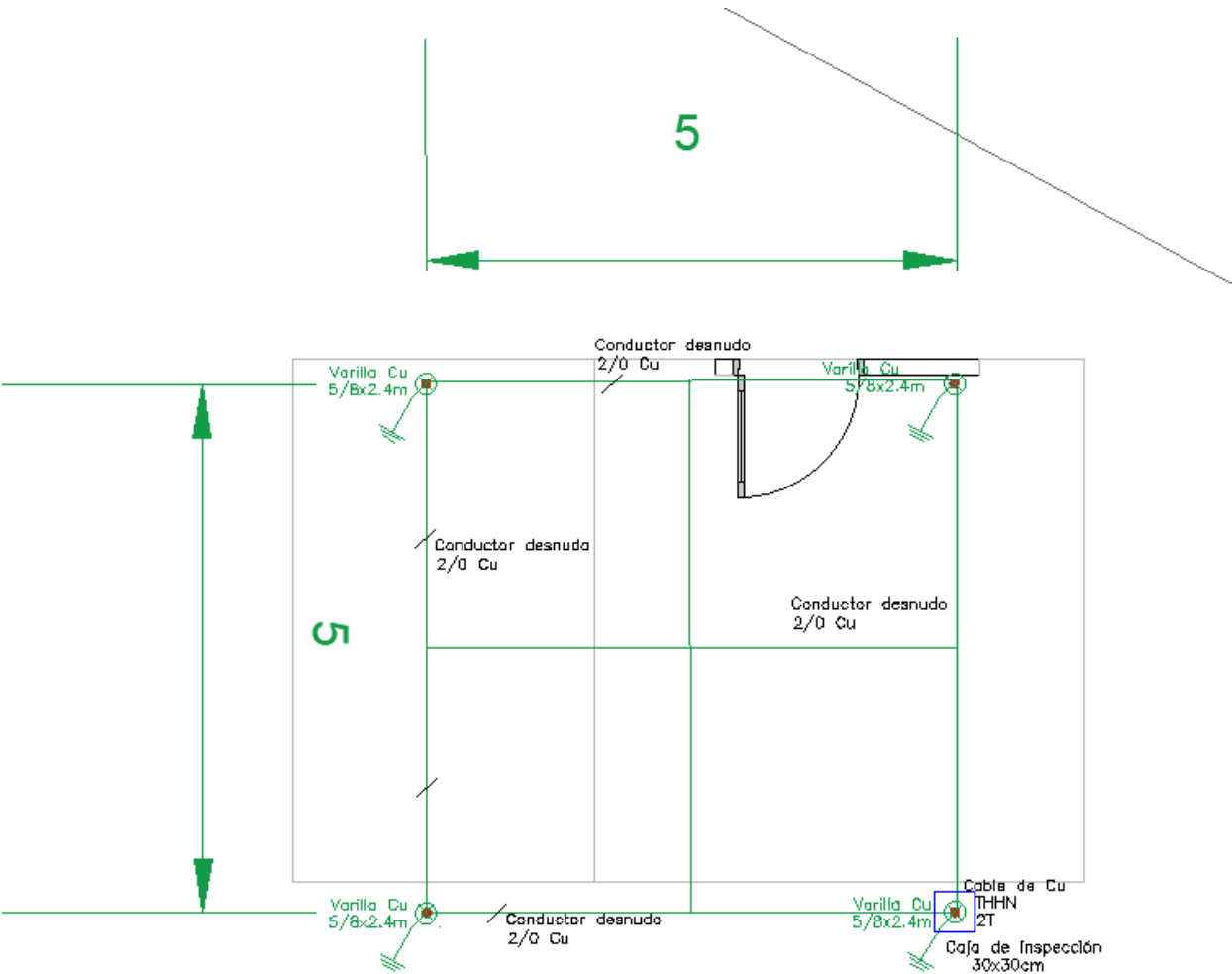
Las mediciones y cálculos realizados aseguran que las tensiones de toque y paso están dentro de los límites seguros establecidos por las normas aplicables, asegurando que cualquier corriente de falla será disipada de manera segura a través de la malla de puesta a tierra. Este cumplimiento es crucial para evitar descargas eléctricas peligrosas y asegurar la protección de las instalaciones eléctricas conforme a las normativas vigentes.

**Tabla 28** Resultado de la puesta a tierra

Proyecto:	PROYECTO CEDI HICAR					
Ubicación:	GIRÓN, SANTANDER					
DATOS DE ENTRADA						
Aplicación:	Neutro de acometida en baja tensión				Conductor enterrado:	Cable Cu ddo 2/0
$\rho$ Terreno [ $\Omega \cdot m$ ]:	99.4	# Varillas=	4	Long. Varilla [m]:	2.4	
Largo malla [m]:	5	#Hilos Long=	5	Diám. Varilla[m]:	0.015875	
Ancho malla [m]:	5	#Hilos transv=	5	Tiempo falla[s]:	0.5	
Profundidad [m]:	0.5	Esp. Entre. Cond.V=	2.5	Corriente falla[kA]:	10	
$\rho$ superf [ $\Omega \cdot m$ ]:	12000	Esp. Entre. Cond.H=	2.5	Constante material:	7.06	
Grosor superf[m]:	0.2					
Tensiones de paso y toque tolerables para una persona de 50kg						
E paso [V]	9824.06949					
E toque [V]	2579.053952					
Calibre mínimo del conductor			Conductor mínimo			
A mcm=	49.92173875			Cu 2/0		
Cálculo de la resistencia del terreno (Método Schwarz)						
R1=	9.670046886					
R2=	12.21250059					
RM=	8.087903428					
RT=	9.231					
Cálculo de elevación de potencial de tierra (GPR)						
GPR=	92314.11579			Calcular Em-Es		
Tensión de malla Em						
Em=	8915.36985			CUMPLE PARA LA TENSION DE TOQUE		
Tensión de paso Es						
Es=	1948.94985			CUMPLE PARA TENSION DE PASO		

**Nota.** Cálculo realizado por el diseñador.

Tabla 29 Diseño de la malla de puesta a tierra



**Nota.** Malla de puesta a tierra creada por el diseñador

## **j. Cálculo Económico de Conductores, Teniendo en Cuenta todos dos Factores de Pérdidas, las Cargas Resultantes y los Costos de la Energía**

En este capítulo se exponen los criterios esenciales para seleccionar un conductor adecuado, considerando tanto aspectos técnicos como económicos, para garantizar una elección óptima. Siguiendo la norma EPM guía metodológica N° 01: cálculo de conductor económico, aplicamos los cálculos necesarios para seleccionar el mejor conductor y estimamos las pérdidas de energía debido a la resistencia inherente de cada conductor. El cálculo económico de conductores consiste en un análisis detallado destinado a cuantificar en términos monetarios las pérdidas de energía causadas por la resistencia eléctrica, utilizando la ecuación 1 como referencia.

$$(1) E = R * I_{max}^2 * \Delta t$$

Donde E es la energía disipada por el conductor, R es la resistencia propia del conductor, y se calcula mediante la ecuación 2; I<sub>max</sub> es la corriente máxima que pasará por el conductor y Δt es el intervalo de tiempo.

$$(2) R = \rho * \frac{l}{S}$$

Donde  $\rho$  es la resistividad eléctrica del material conductor [ $\Omega m$ ],  $l$  es la longitud del circuito [m] y S es la sección transversal del conductor en [ $mm^2$ ].

Sustituyendo se tiene la ecuación 3:

$$(3) E = \rho * \frac{l}{S} * I_{max}^2 * \Delta t$$

Se deduce que entre mayor sea la resistividad del conductor, mayores serán las pérdidas de energía en el mismo.

La norma especifica las resistividades del cobre y el aluminio a 20°C, con los siguientes valores:  $18.35 \times 10^{-9} \Omega m$  para Cu, y  $30.3 \times 10^{-9} \Omega m$  para Al.

El cálculo económico se realizará para periodos de una (1) hora, en los diferentes tramos que aplican al proyecto, iniciando en los circuitos de M.T. hasta el transformador; y finalizando

en las acometidas parciales de B.T hasta cada tablero o equipo de gran potencia. Finalmente, con la ecuación 4, se obtiene la pérdida en \$ por día.

$$(4) \text{ Pérdida en \$ por día} = 24 \times E \times \$W$$

Donde  $\$W$  es el valor en pesos de cada Wh.

El costo por kWh por parte del OR **afinia** Grupo-**epm** para tarifas no residenciales sector oficial es Precio promedio kWh: 903 \$/kWh.


ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. ESP.									
INFORMA A SUS USUARIOS DEL SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER, NORTE DE SANTANDER, SUR DEL CESAR, BOLIVAR Y BOYACA, Y LAS TARIFAS DEL MERCADO REGULADO DE ENERO DE 2024 Teniendo en cuenta las resoluciones 119/07, 180/14, 191/14 y 015/16, 015/18, 019/18, 158/19, 103/19, 129/19, 036/19, 199/19, 104/20, 174/21, 101 002/22, 501 023/22, 101 028/23 expedidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, que permiten establecer los costos de la prestación del servicio a usuarios regulados.									
TARIFAS RESIDENCIALES									
ESTRATO		1		2		3		4	
PROPIEDAD ACTIVOS	NIVEL MEDIDA	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh
ESSA	I	-58.6956%	380.05	-48.3695%	475.06	-15.00%	782.10		920.12
CLIENTE	I	-58.4622%	346.29	-48.0778%	432.86	-15.00%	708.61		833.66
COMPARTIDA	I	-58.4231%	364.58	-48.0289%	455.73	-15.00%	745.36		876.89
Nota: El subsidio es aplicado hasta el consumo de subsistencia.									
TARIFAS RESIDENCIALES				TARIFAS NO RESIDENCIALES					
ESTRATO		5 y 6		COMERCIAL / INDUSTRIAL		ACUEDUCTOS. ESP		OFICIAL	
PROPIEDAD ACTIVOS	NIVEL MEDIDA	% CONTRIB.	TARIFA \$/kWh	CONTRIB. 20%	TARIFA \$/kWh	CONTRIB. 10%	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh
ESSA	I	20.00%	1,104.14	184.02	1,104.14	92.01	1,012.13		920.12
CLIENTE	I	20.00%	1,000.40	166.73	1,000.40	83.37	917.03		833.66
COMPARTIDA	I	20.00%	1,052.27	175.38	1,052.27	87.69	964.58		876.89
	II			150.50	903.00	75.25	827.75		752.50
	III			130.71	784.26	65.36	718.91		653.55
	IV			113.27	679.62	56.63	622.98		566.35
COMPONENTES DEL COSTO UNITARIO VARIABLE Y FIJO DE PRESTACION DEL SERVICIO (CU) según Res. CREG 119/2007 Conforme con las resoluciones CREG 180/14, 015/16 y 019/18 el valor (Cfm,j) que aplica para el mes de enero de 2024 es 9101.44 \$/factura									
NIVEL MEDIDA	G	T	D	Cv	PR	R	CUv Calculado	COT	CUf Aplicado
	Compra Energia	Costo STN	Costo Distribución	Costo de Comercialización	Costo de Compra, transporte y reducción de pérdidas	Costo de Restricciones	Costo Unitario Variable de Prestación del Servicio	Costo Recuperación Opción Tarifaria Resolución CREG 101 028 de 2023	Costo Unitario Fijo de Prestación del Servicio
	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh
I ESSA	366.81	54.32	280.99	128.22	78.61	11.17	920.12	41.24	0.00
I CLIENTE	366.81	54.32	194.54	128.22	78.61	11.17	833.66	41.24	0.00
II	366.81	54.32	179.50	112.11	28.59	11.17	752.50	25.12	0.00
III	366.81	54.32	82.85	116.82	21.58	11.17	653.55	29.84	0.00
IV	366.81	54.32	33.70	86.98	13.36	11.17	566.35	0.00	0.00
I 50%	366.81	54.32	237.76	128.22	78.61	11.17	876.89	41.24	0.00
CONSUMO DE SUBSISTENCIA			Alturas inferior a 1000 Mts	Alturas superior o = a 1000 Mts					
Resolución UPME 0355 de 8 de Julio de 2004.			173 kWh	130 kWh					


Figura 25 – Costos kWh según ESSA para 2024. Sacado de la pagina oficial de la ESSA

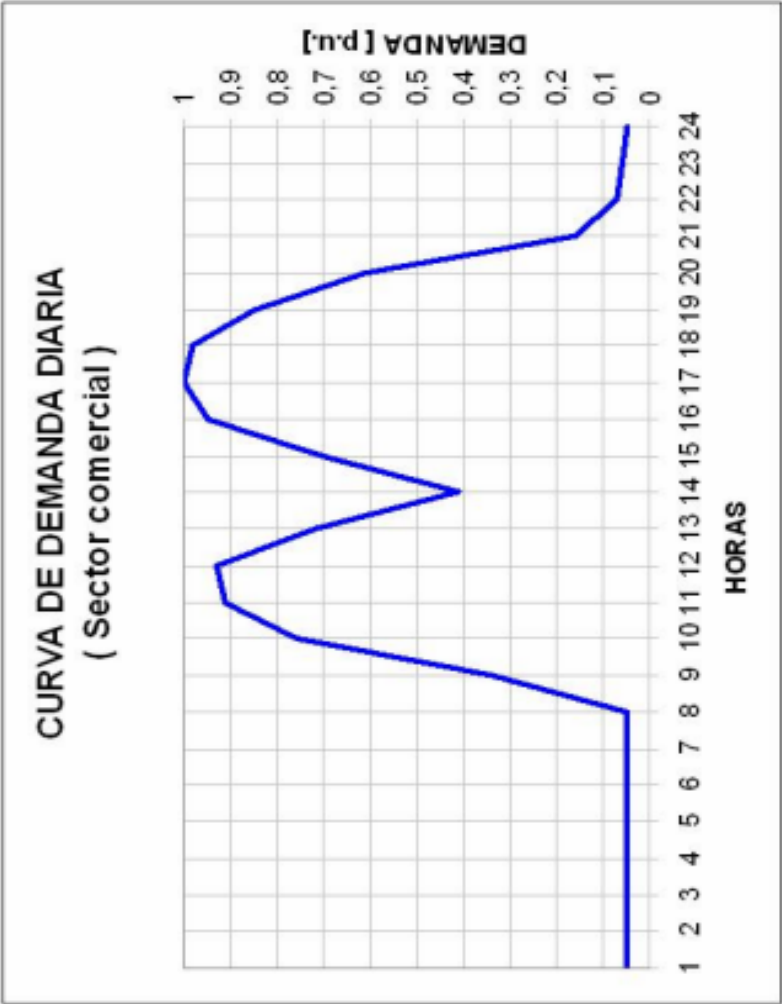
Variables	Valor
Tarifa (\$/kWh)	903.00
Tipo Tarifa	INDUSTRIAL COMERCIAL
Promedio de Demanda promedio por hora	0.82

2. Calculo Baja Tensión

TRAMO		$\rho_2 = \rho \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$																		
Inicio	Fin	LONG. (m)	Icircuito (A)	TIPO MATERIAL	ØFE(AWG)	ØT (AWG)	resistividad eléctrica del material conductor a 20°C [Ω*mm²/m]	α (°C-1)	p2 = Coeficiente de resistividad ajustado [Ω.m]	SECCIÓN (mm²)	Conductores por Fase	Resistencia eléctrica del conductor (Ω)	E (Wh)	Promedio Demanda	E (kWh/día) (24 Horas)	E (kWh/mes)	Perdida \$/día	Perdida \$/mes sin corrección	Perdida \$/año con interés	Perdida \$/15 años con interés
Total													2,166.38		42.63	1,279.03	38,498.77	1,154,963.03	17,528,301.95	262,924,529.20
TRANSFORMADOR 75 KVA	BANCO DE MEDIDORES	9.00	246.03	Cu	1/0	6.00	0.017241	0.003900	0.019931	53.5	2	0.0016764422	304.43	0.82	5.99	179.73	5,410.02	162,300.50	2,486,015.21	37,290,228.13
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	12.00	92.01	Cu	2.00	8.00	0.017241	0.003900	0.019931	33.62	1	0.0071139921	180.67	0.82	3.56	106.67	3,210.69	96,320.57	1,475,376.89	22,130,653.29
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	PLANTA DE EMERGENCIA 27 Kva	17.00	88.57	Cu	2.00	8.00	0.017241	0.003900	0.019931	33.62	1	0.0100781554	237.18	0.82	4.67	140.03	4,214.99	126,449.57	1,936,873.53	29,053,102.90
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO DE DISTRIBUCION DE BODEGA	10.00	16.39	Cu	8.00	8.00	0.017241	0.003900	0.019931	8.36	1	0.0238409503	19.22	0.82	0.38	11.35	341.49	10,244.55	156,919.53	2,353,792.97
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO AIRES ACONDICIONADOS	56.00	51.03	Cu	4.00	8.00	0.017241	0.003900	0.019931	21.14	1	0.0527974423	412.44	0.82	8.12	243.50	7,329.45	219,883.53	3,368,035.18	50,520,527.70
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO DE DISTRIBUCION DE PISO 2	56.00	15.57	Cu	10.00	10.00	0.017241	0.003900	0.015897	5.25	1	0.1695632184	123.28	0.82	2.43	72.78	2,190.75	65,722.57	1,006,696.26	15,100,443.97
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	UPS REGULADA DE 5kVA	53.00	17.05	Cu	10.00	10.00	0.017241	0.003900	0.019931	5.25	1	0.2012085386	175.38	0.82	3.45	103.55	3,116.72	93,501.58	1,432,197.31	21,482,959.62
UPS REGULADA DE 5kVA	TABLERO REGULADO	6.00	17.05	Cu	10.00	10.00	0.017241	0.003900	0.019998	5.25	1	0.0228551724	19.92	0.82	0.39	11.76	354.03	10,620.80	0.00	0.00
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 1	54.00	17.41	Cu	8.00	8.00	0.017241	0.003900	0.019931	8.36	1	0.1287411318	117.09	0.82	2.30	69.13	2,080.80	62,423.89	956,169.23	14,342,538.48
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 2	59.00	17.41	Cu	8.00	8.00	0.017241	0.003900	0.019931	8.36	1	0.1406616070	127.93	0.82	2.52	75.53	2,273.46	68,203.88	1,044,703.42	15,670,551.30
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 3	64.00	17.41	Cu	8.00	8.00	0.017241	0.003900	0.019931	8.36	1	0.1525820822	138.77	0.82	2.73	81.93	2,466.13	73,983.87	1,133,237.61	16,998,564.12
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 4	69.00	17.41	Cu	8.00	8.00	0.017241	0.003900	0.019931	8.36	1	0.1645025573	149.61	0.82	2.94	88.33	2,658.80	79,763.86	1,221,771.80	18,326,576.94
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 5	74.00	17.41	Cu	8.00	8.00	0.017241	0.003900	0.019931	8.36	1	0.1764230325	160.46	0.82	3.16	94.73	2,851.46	85,543.85	1,310,305.98	19,654,589.77

Tabla 30 - Cálculo económico conductores BT

	PROCESO GESTIÓN EXPANSIÓN DEL SISTEMA	Fecha de Aprobación:
		Revisión No: 3
	NORMAS PARA CÁLCULO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	Página 120 de 165
		Código: -



HORA	DEMANDA PROMEDIO HORA
1	0.05
2	0.05
3	0.05
4	0.05
5	0.05
6	0.05
7	0.05
8	0.05
9	0.34
10	0.76
11	0.91
12	0.93
13	0.72
14	0.41
15	0.7
16	0.95
17	1
18	0.98
19	0.85
20	0.81
21	0.16
22	0.07
23	0.06
24	0.05

Figura A.10

Figura 26 – Curva de demanda promedio por hora ESSA

De acuerdo con la figura 27 de la curva de demanda promedio según esa se extrajo el promedio para poder calcular el cálculo económico de conductores

$$D_{\text{promedio}} = (0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.34 + 0.76 + 0.91 + 0.93 + 0.72 + 0.41 + 0.7 + 0.95 + 1 + 0.98 + 0.85 + 0.61 + 0.16 + 0.07 + 0.06 + 0.05) / 12 \text{ h} = 0.825$$

**k. Verificación de los Conductores, Teniendo en Cuenta el Tiempo de Disparo de los Interruptores, la Corriente De Cortocircuito De La Red Y La Capacidad de Corriente del Conductor De Acuerdo Con La Norma Iec 609009, IEE 242, Capítulo 9 O Equivalente**

La verificación de conductores es una sección de las memorias de cálculo en la que se resumirá el calibre y tipo de conductor seleccionado para cada tramo del proyecto en M.T. y B.T; y donde se compararán los valores de corriente máxima soportada por el conductor seleccionado para cada tramo, y corriente máxima que se podría presentar a través del mismo.

También se incluirá el dato de la capacidad en Amperios de la protección instalada en cada circuito.

A continuación se presentan los datos para la verificación de conductores:

VERIFICACIÓN DE CONDUCTORES MEDIA TENSIÓN									
TRAMO		TENSIÓN	CARGA	LONGITUD	CORRIENTE	CONDUCTOR	NÚMERO DE	CORRIENTE MÁX. CONDUCTOR	PROTECCIÓN
INICIO	FIN	V	KVA	m	A	CALIBRE AWG	CONDUCTORES	A	INSTALADA
PUNTO DE AMARRE	S/E 75 KVA	13200	46.70	37	2.04	2	1	95	
VERIFICACIÓN DE CONDUCTORES BAJA TENSIÓN 208V									
TRAMO		TENSIÓN	CARGA	LONGITUD	CORRIENTE	CONDUCTOR	NÚMERO DE	CORRIENTE MÁX. CONDUCTOR	PROTECCIÓN
INICIO	FIN	V	KVA	m	A	CALIBRE AWG Y CU	CONDUCTORES POR FASE	A	A
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 75 KVA	BANCO DE MEDIDORES	208	75.00	9.00	196.82	1/0	2	300	3X200A
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	208	28.50	12.00	73.61	2	1	95	3X80A
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	PLANTA DE EMERGENCIA 27 KVA	208	27.00	17.00	70.86	2	1	95	3X80A
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO DE DISTRIBUCION DE BODEGA	208	5.00	10.00	13.11	8	1	40	3X30A
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO DE AIRES ACONDICIONADOS	208	15.60	56.00	40.82	4	1	70	3X60A
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO DE DISTRIBUCION PISO 2	208	4.75	56.00	12.45	10	1	30	3X30A
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	UPS RED REGULADA 5kVA	208	3.00	53.00	13.64	10	1	30	2X30A
UPS RED REGULADA 5 Kva	TABLERO REGULADO TR	208	3.00	6.00	13.64	10	1	30	2X30A
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 1	208	3.06	54.00	13.93	8	1	40	2X40A
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 2	208	3.06	59.00	13.93	8	1	40	2X40A
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 3	208	3.06	64.00	13.93	8	1	40	2X40A
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 4	208	3.06	69.00	13.93	8	1	40	2X40A
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 5	208	3.06	74.00	13.93	8	1	40	2X40A

Tabla 31 - Cálculo verificación de conductores

## **l. Cálculos mecánicos de estructuras y elementos de sujeción de equipos**

El cálculo mecánico de estructuras se realiza para asegurar que los diseños, materiales utilizados, métodos constructivos y montaje de la estructura cumplan con los requisitos mecánicos necesarios. Esta sección no es relevante para proyectos de subestación, dado que ya cuentan con una red de media tensión (MT) establecida. Para más detalles sobre el cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de equipos, se recomienda consultar la norma EPM guía técnica para el cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de equipos.

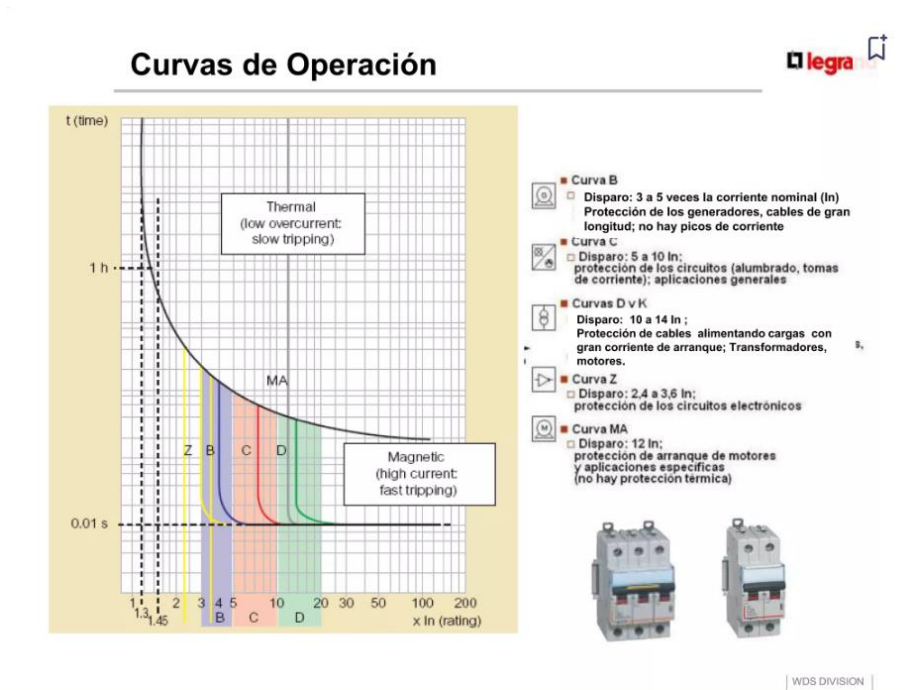
### **m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes en baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según iec 60947-2 anexo a**

La coordinación de protecciones tiene como objetivo verificar la configuración de los esquemas de protección, analizar los ajustes existentes y determinar los ajustes que garanticen despejar selectivamente las fallas en el menor tiempo posible. El procedimiento de coordinación de protecciones consiste en el análisis gráfico donde se involucran las curvas características de los dispositivos de sobre corriente que se encuentran en serie, para poder así garantizar que el sistema es selectivo.

En un sistema eléctrico, se requieren diferentes tipos de dispositivos de protección para la detección y mitigación de las condiciones de falla, en el cual los dispositivos de protección deben ser dimensionados y coordinados de tal forma que solo debe de operar el dispositivo que se encuentre más cerca a la falla.

Toda instalación eléctrica objeto del reglamento técnico RETIE, deberá contar con un estudio de coordinación de protecciones efectuado por un profesional capacitado para esta actividad. El diseño deberá cubrir todos los aspectos que le apliquen, según el tipo de instalación y complejidad de la misma.

Para efectos de análisis para la selección de las protecciones termomagnéticas, se toma la curva característica de cada protección observándose como actúa cada una ante un aumento de su corriente nominal, como se evidencia en la figura 28.



**Figura 27 - Curva característica de una Protección Eléctrica.** Sacado de tableros y protecciones eléctricas Legrand página 31

### m.1 Cálculo de protección en red media tensión

Para la selección de la protección en media tensión se debe tener en cuenta que la capacidad de corriente de fusible debe encontrarse entre  $1.31I_n$  transformador y  $1.51 I_n$  del transformador.

$$I_n(MT) = \frac{75kVA}{\sqrt{3} * 13.2kV} = 3.3A$$

$$1.31 * 3.3 \leq I_{fusible} \leq 1.51 * 3.2$$

$$4.3 \leq I_{fusible} \leq 5$$

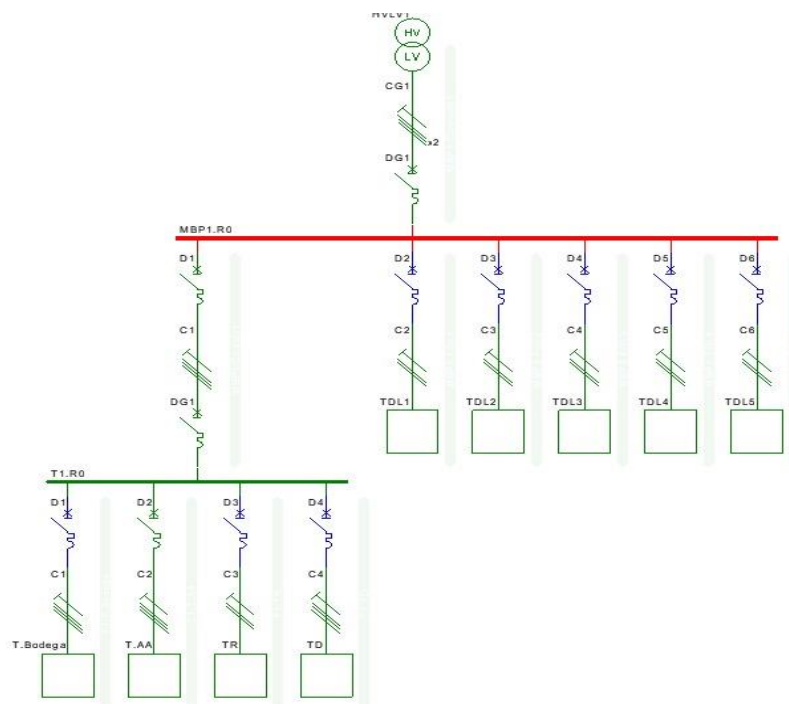
Por lo tanto, según la norma EMP RA8-005 artículo 3.2, el fusible escogido es de 5 A tipo K.

## m.2 Análisis

Para la coordinación de protecciones del proyecto de construcción del Complejo Comercial e Industrial CEDI HICAR en Girón, Santander, se utilizó el programa XLPRO3. Este programa permitió representar el diagrama unifilar, evaluando el tipo de protección, la sección transversal de los sistemas de cableado y validando las elecciones técnicas. Se analizó el comportamiento de cada zona del diagrama para verificar la consistencia de la red eléctrica.

CONSTRUCCIÓN COMPLEJO COMERCIAL E INDUSTRIAL CEDI HICAR.  
GIRÓN, SANTANDER.

Desde el armario de medidores que cuenta con una protección principal 3X (200A, 70kA) A, se desprenden seis cascadas:

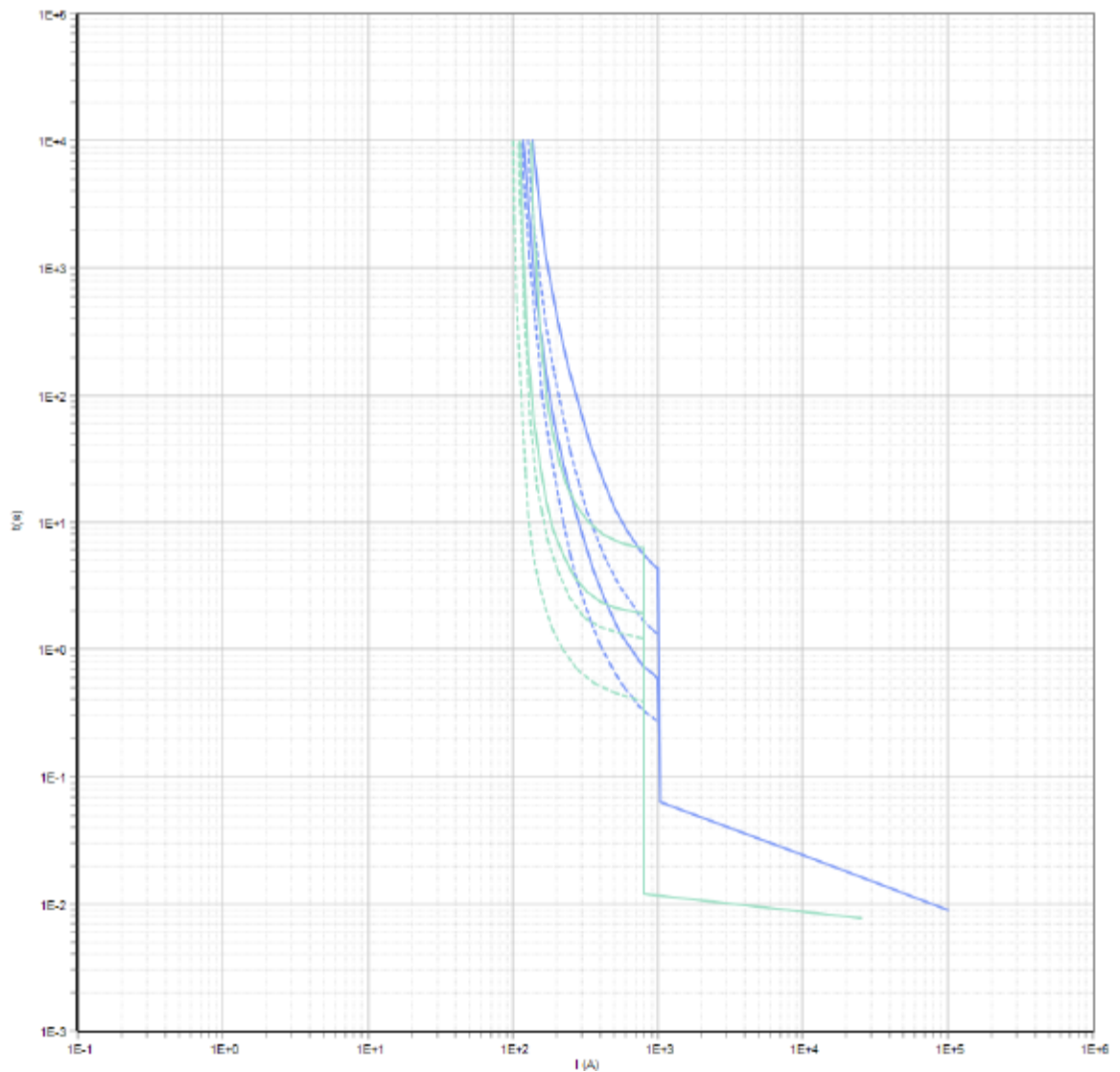


**Figura 28** – Diagrama general

### m.3 Curvas de Coordinación:

#### m.3.1 Desde armario de medidores hasta Transferencia.

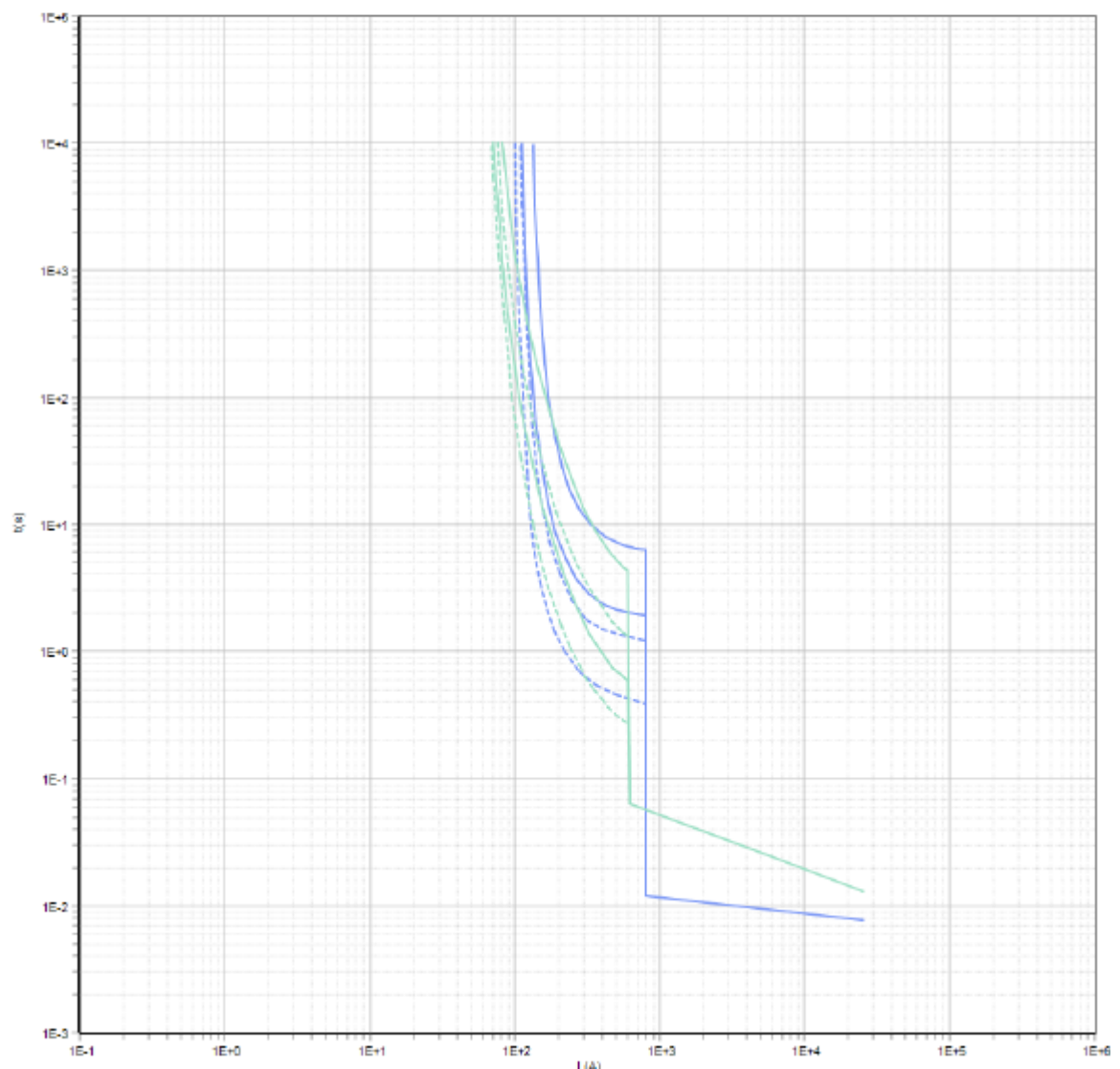
MBP1.D1 027068 MCCB DRX125 3P 95A 36KA thermal-magnetic  
T1.DG1 420004 MCCB DPX160 16kA 3P 80A thermal-magnetic  
 $I_{th}=80A (1 \times I_n)$ ;  $I_{sd}=800A (10 \times I_n)$ ;



**Figura 29** – Curva de protección 1

### *m.3.2 Desde TGBT A TAA*

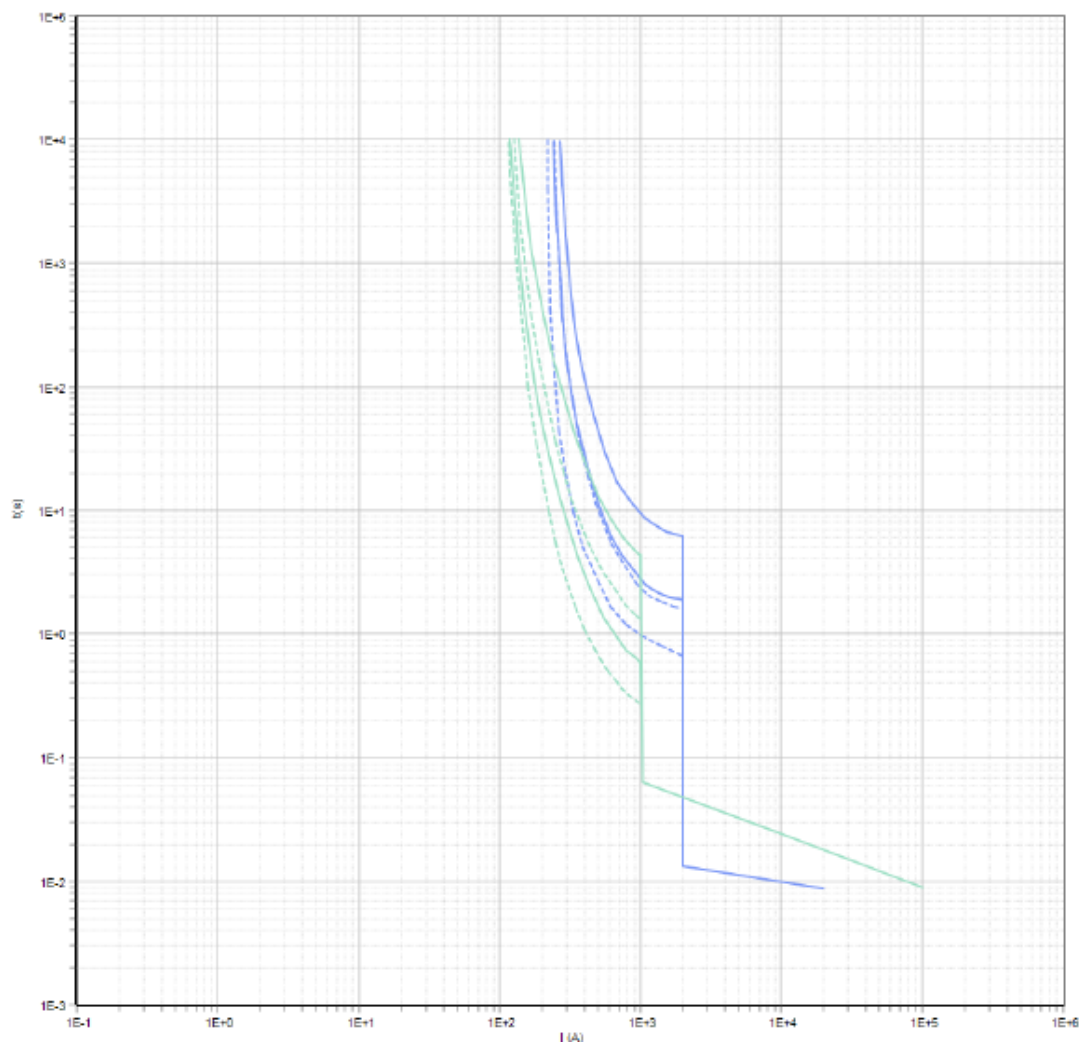
- T1.DG1 420004 MCCB DPX\*160 16kA 3P 80A thermal-magnetic  
 $I_{th}=80A$  (1xIn) ;  $I_{sd}=800A$  (10xIn) ;
- T1.D2 027006 MCCB DRX125 3P 70A 10KA thermal-magnetic



**Figura 30** – Curva de protección 2

### *m.3.3 Desde armario de medidores hasta TGBT*

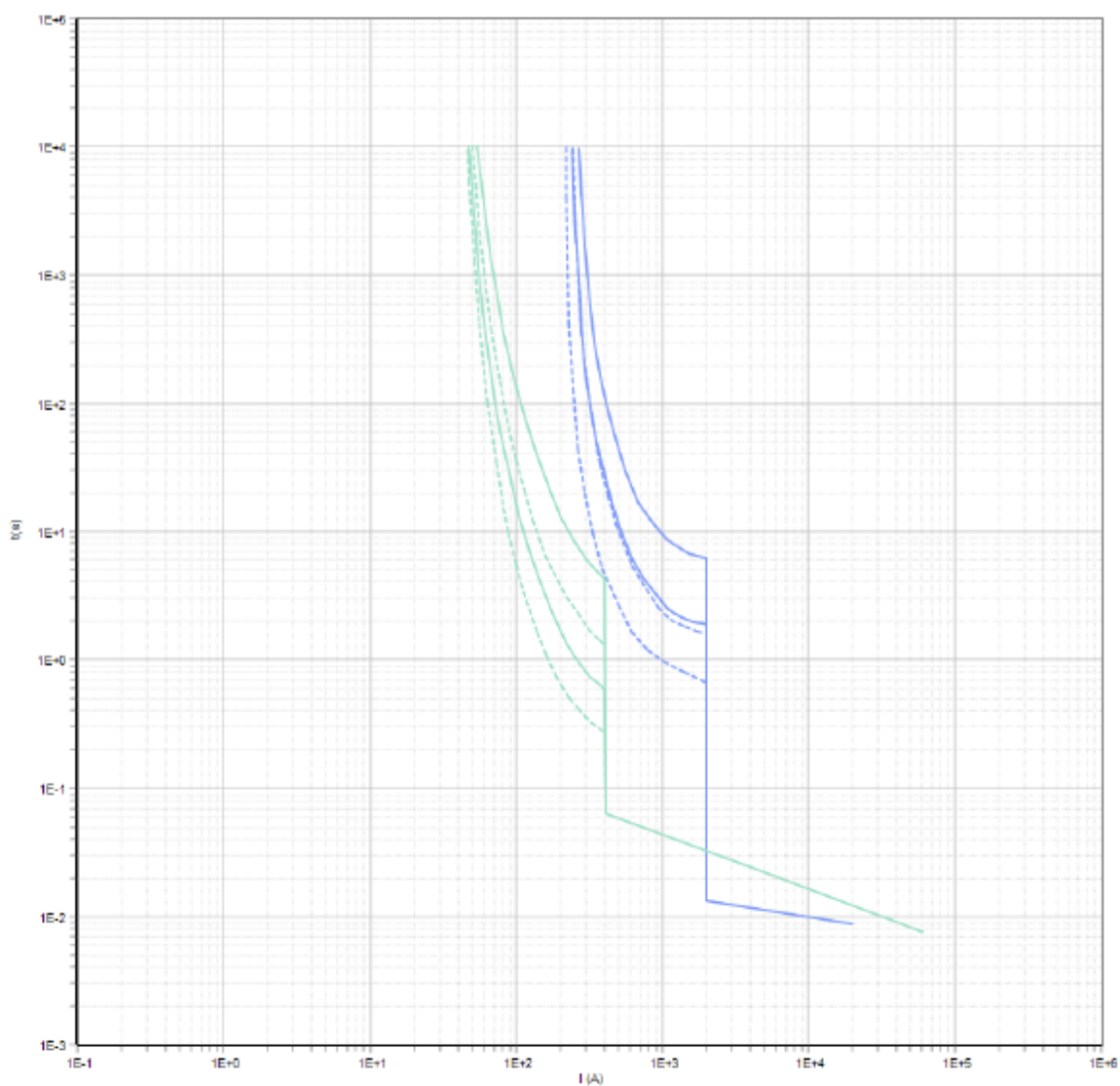
- MBP1.DG1 420608 MCCB DPX'250 70kA 3P 200A thermal-magnetic  
 $I_{th}=200A$  ( $1 \times I_n$ ) ;  $I_{sd}=2000A$  ( $10 \times I_n$ ) ;
- MBP1.D1 027068 MCCB DRX125 3P 95A 36KA thermal-magnetic



**Figura 31** – Curva de protección 3

### *m.3.4 Desde armario de medidores hasta tablero LOCAL 1*

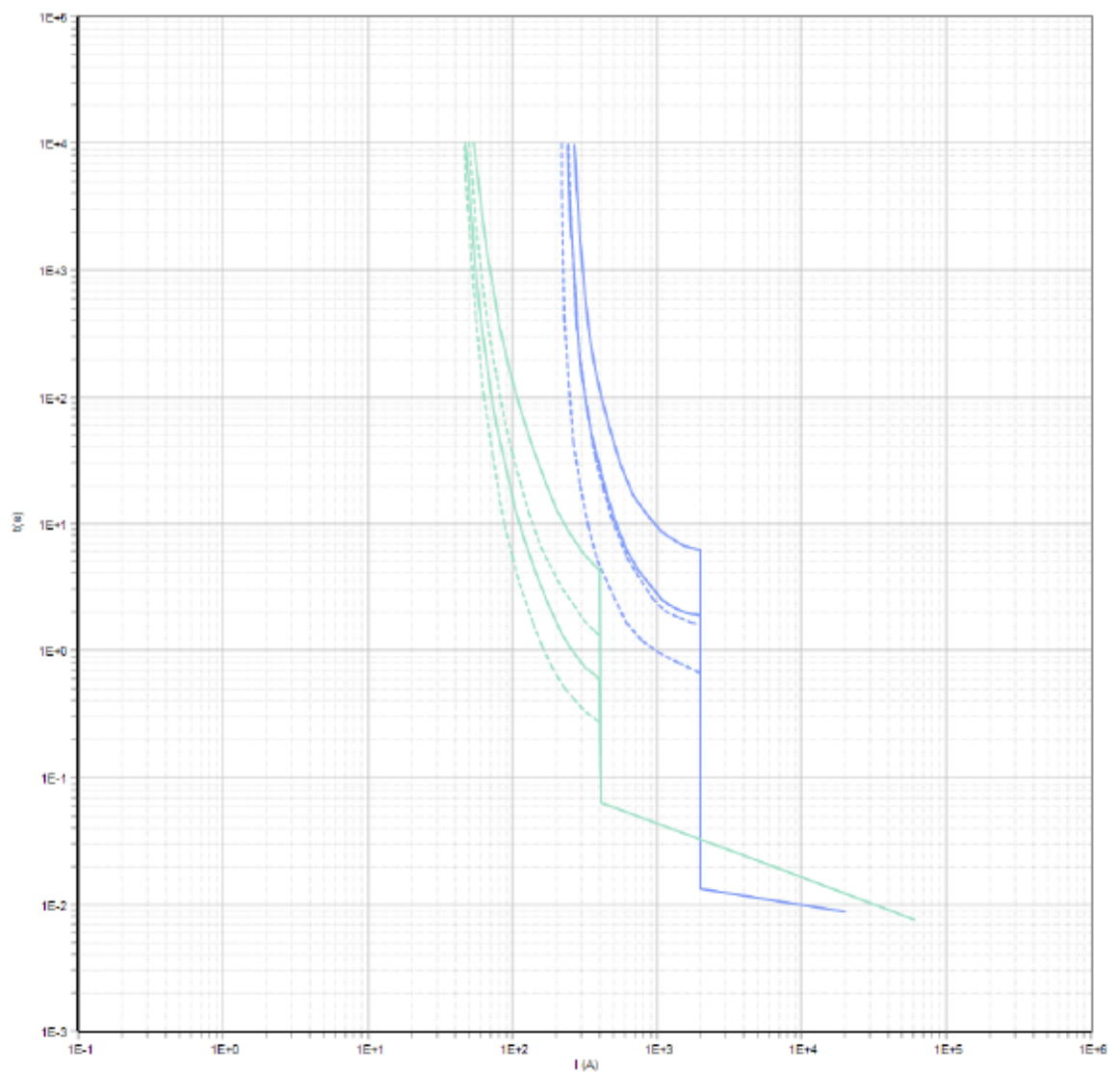
- MBP1.DG1 420208 MCCB DPX'250 25kA 3P 200A thermal-magnetic  
I<sub>th</sub>=200A (1xI<sub>n</sub>) ; I<sub>sd</sub>=2000A (10xI<sub>n</sub>) ;
- MBP1.D2 027054 MCCB DRX125 2P 40A 36KA thermal-magnetic



**Figura 32** – Curva de protección 4

### *m.3.5 Desde armario de medidores hasta tablero LOCAL 2*

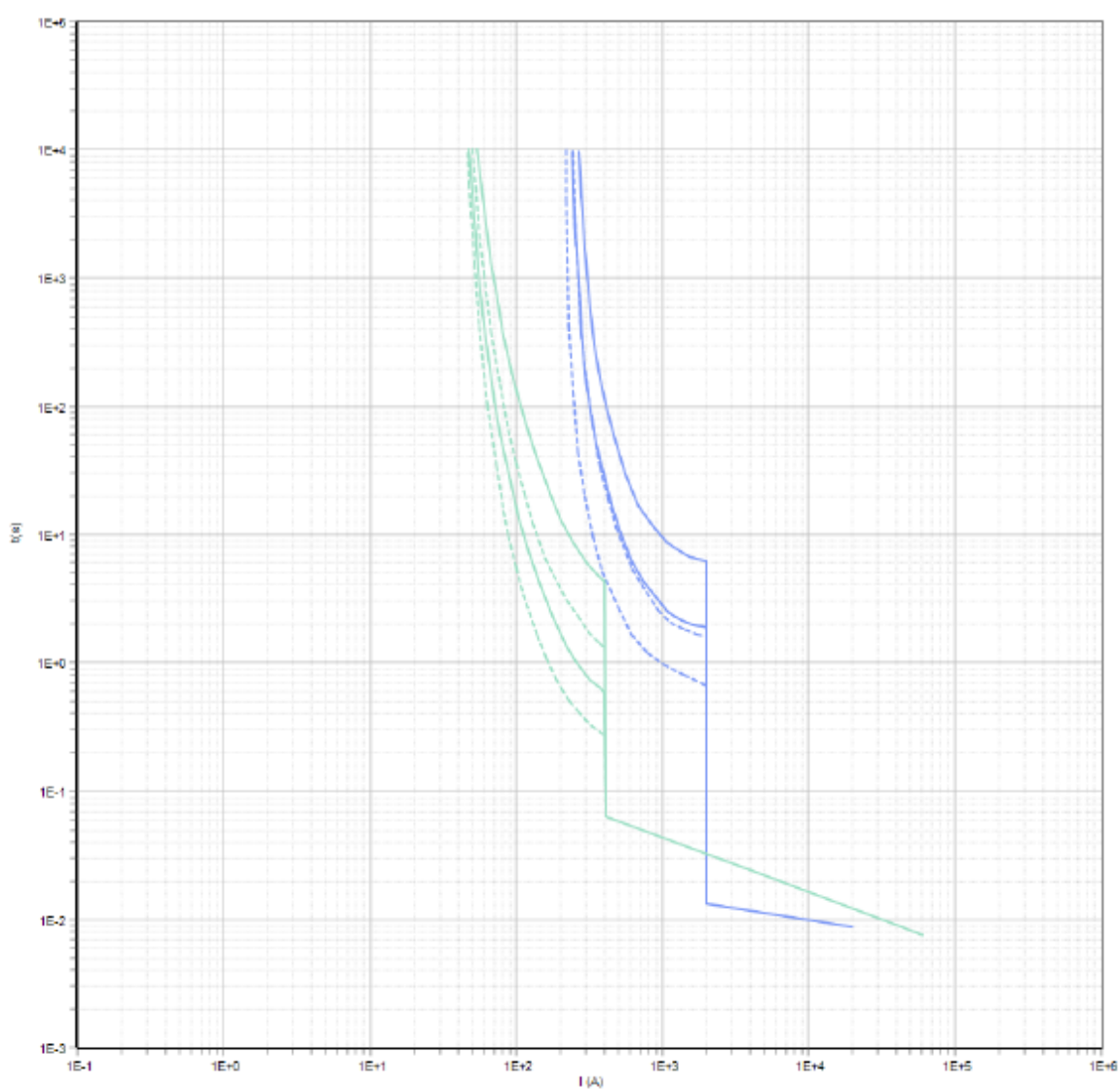
- MBP1.DG1 420208 MCCB DPX'250 25kA 3P 200A thermal-magnetic  
 $I_{th}=200A$  (1xIn) ;  $I_{sd}=2000A$  (10xIn) ;
- MBP1.D2 027054 MCCB DRX125 2P 40A 36KA thermal-magnetic



**Figura 33** – Curva de protección 5

*m.3.6 desde armario de medidores hasta tablero LOCAL 3*

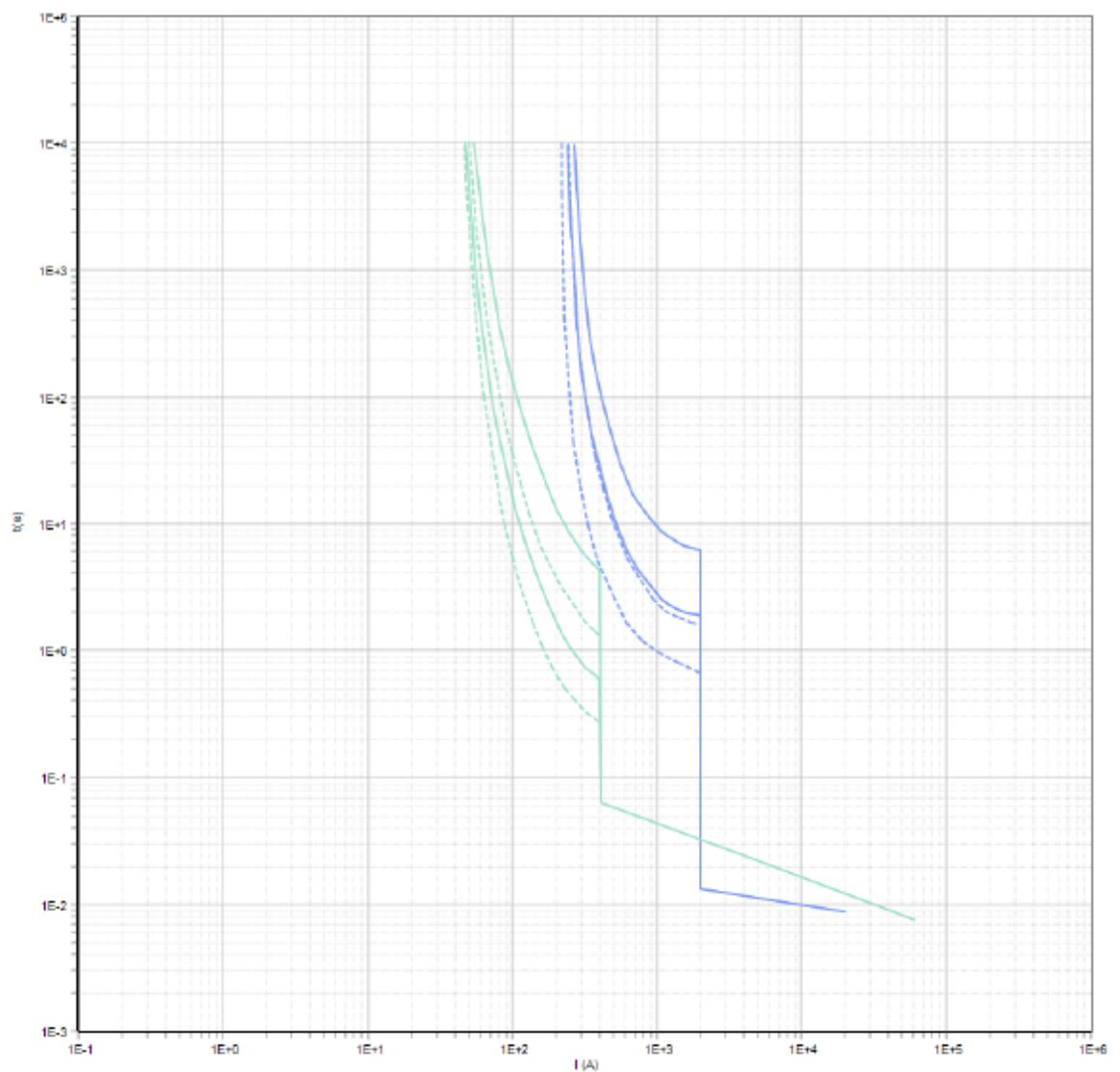
- MBP1.DG1 420208 MCCB DPX'250 25kA 3P 200A thermal-magnetic  
I<sub>th</sub>=200A (1xI<sub>n</sub>) ; I<sub>sd</sub>=2000A (10xI<sub>n</sub>) ;
- MBP1.D2 027054 MCCB DRX125 2P 40A 36KA thermal-magnetic



**Figura 34** – Curva de protección 6

*m.3.7 desde armario de medidores hasta tablero LOCAL 3*

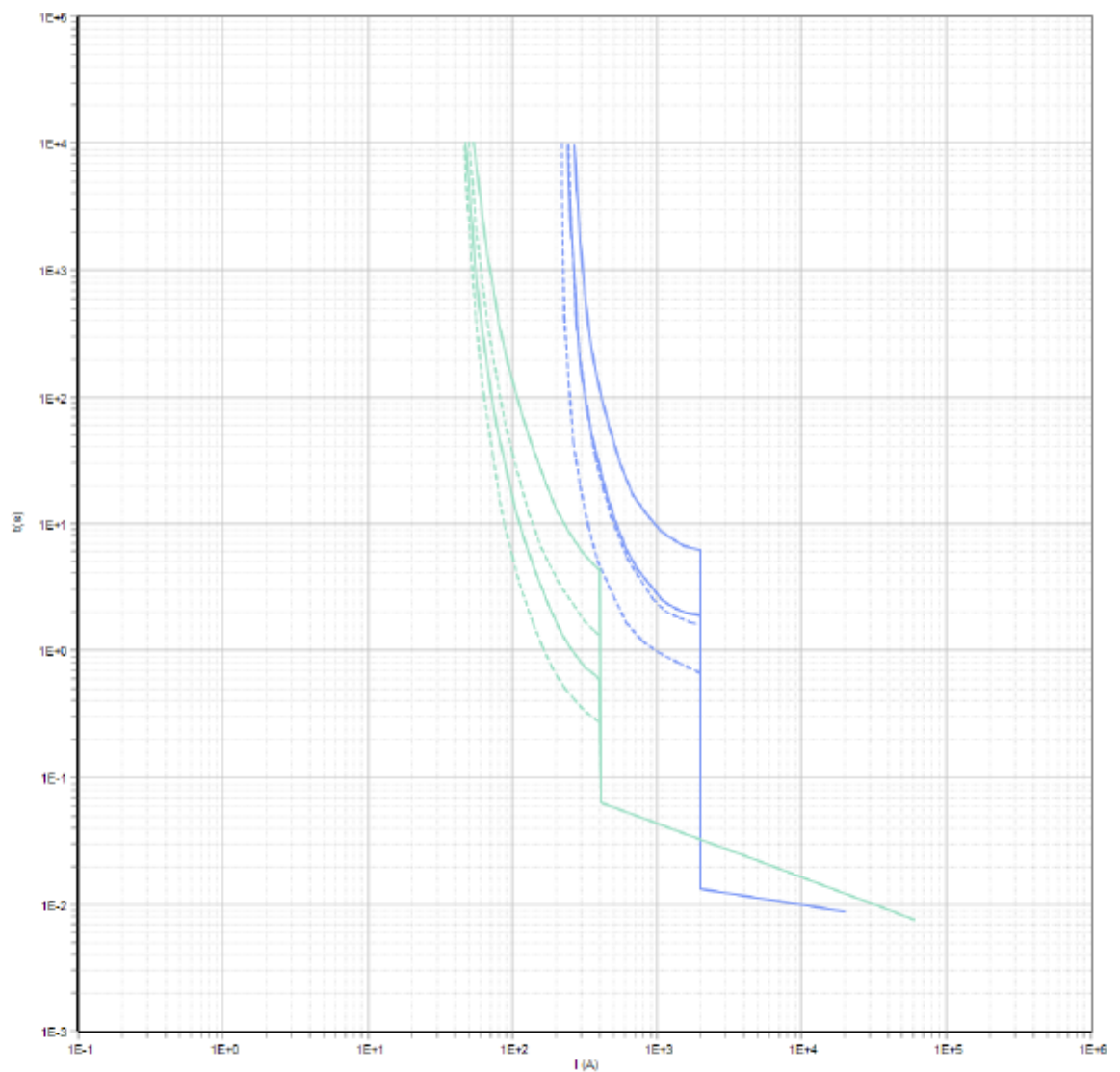
- MBP1.DG1 420208 MCCB DPX'250 25kA 3P 200A thermal-magnetic  
I<sub>th</sub>=200A (1xI<sub>n</sub>) ; I<sub>sd</sub>=2000A (10xI<sub>n</sub>) ;
- MBP1.D2 027054 MCCB DRX125 2P 40A 36KA thermal-magnetic



**Figura 35** – Curva de protección 7

*m.3.8 desde armario de medidores hasta tablero LOCAL 4*

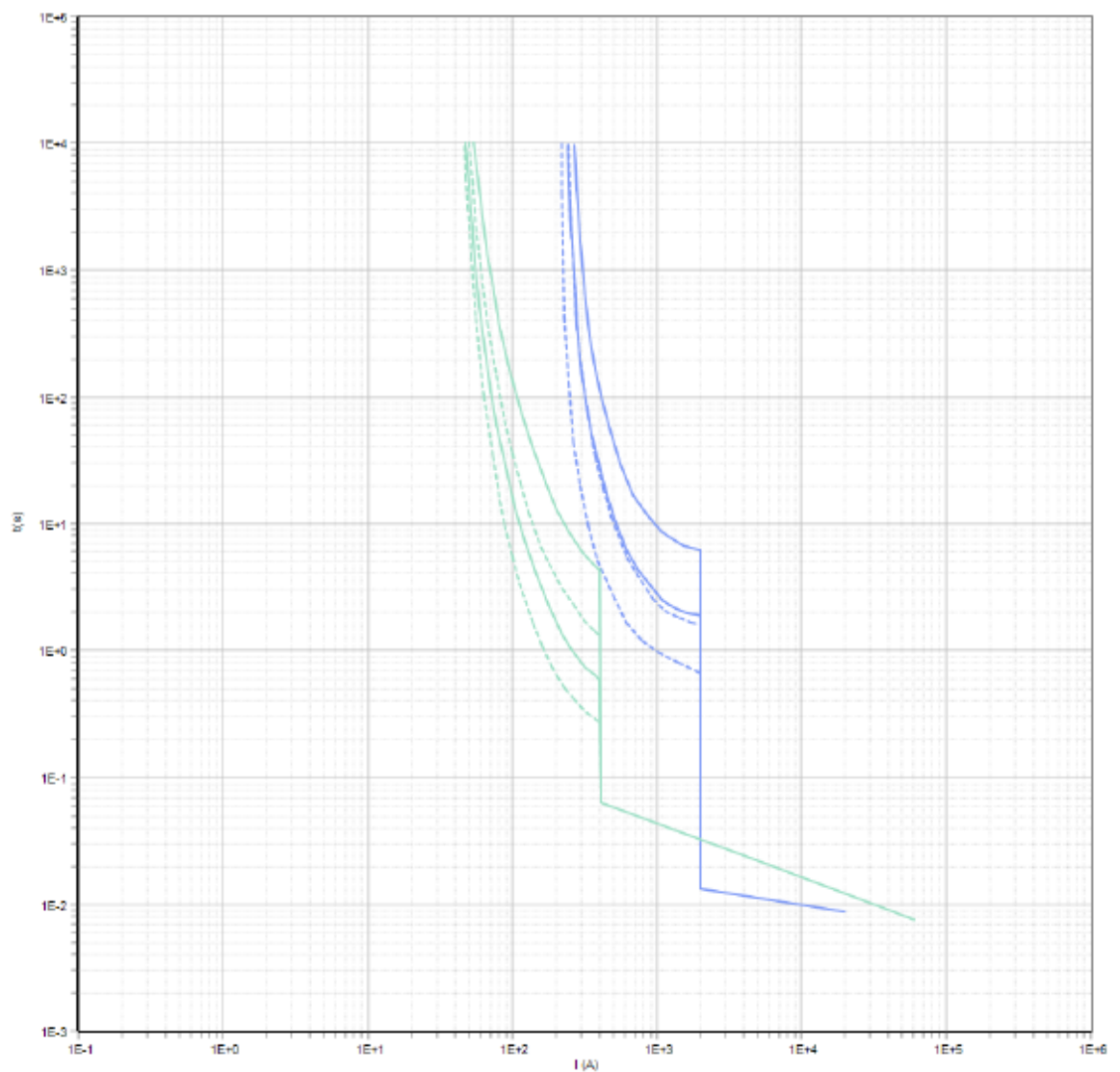
- MBP1.DG1 420208 MCCB DPX'250 25kA 3P 200A thermal-magnetic  
I<sub>th</sub>=200A (1xI<sub>n</sub>) ; I<sub>sd</sub>=2000A (10xI<sub>n</sub>) ;
- MBP1.D2 027054 MCCB DRX125 2P 40A 36KA thermal-magnetic



**Figura 36** – Curva de protección 8

*m.3.9 desde armario de medidores hasta tablero LOCAL 5*

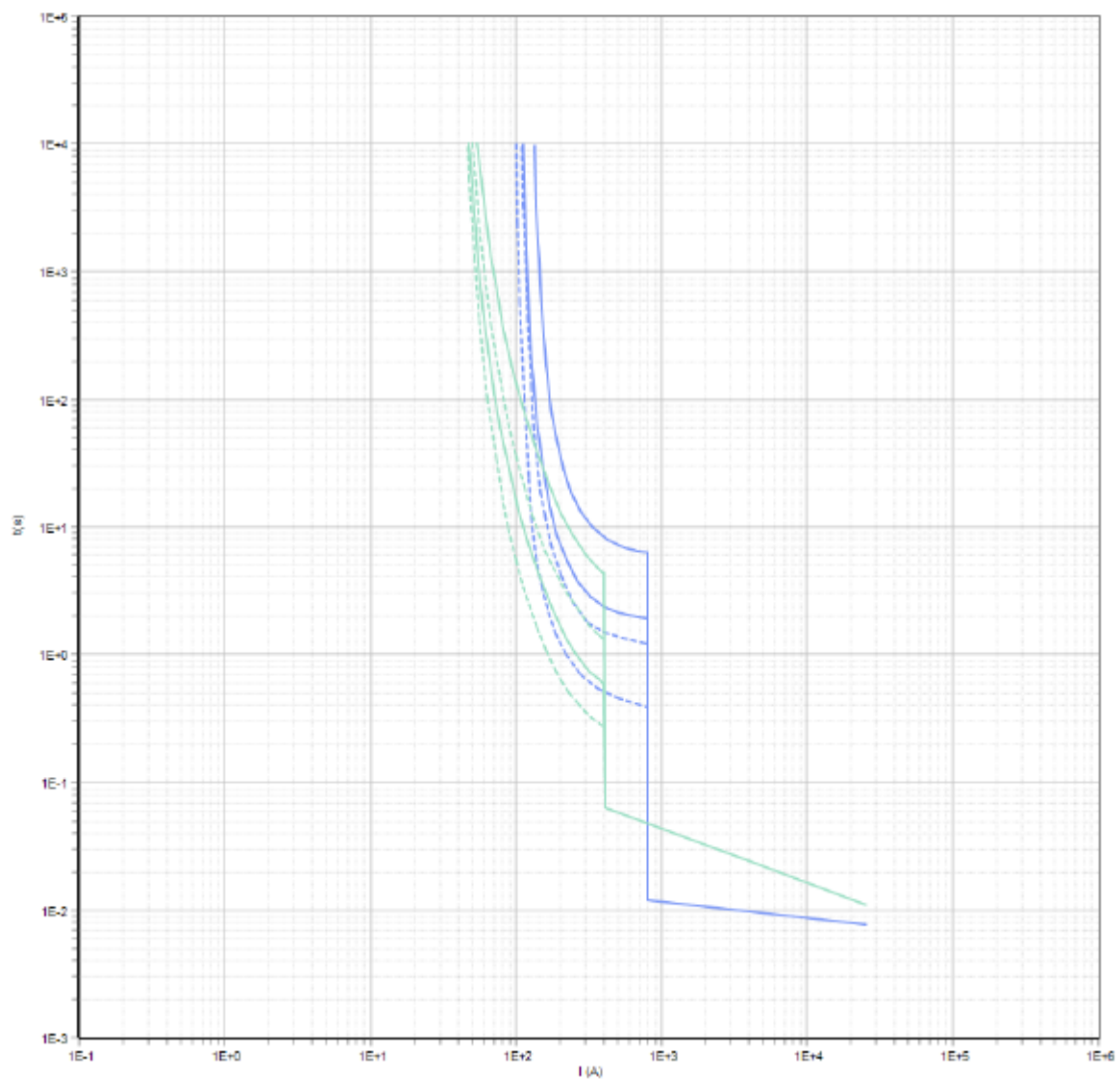
- MBP1.DG1 420208 MCCB DPX'250 25kA 3P 200A thermal-magnetic  
I<sub>th</sub>=200A (1xI<sub>n</sub>) ; I<sub>sd</sub>=2000A (10xI<sub>n</sub>) ;
- MBP1.D2 027054 MCCB DRX125 2P 40A 36KA thermal-magnetic



**Figura 37** – Curva de protección 9

### *m.3.10 TGBT a Tablero de Bodega*

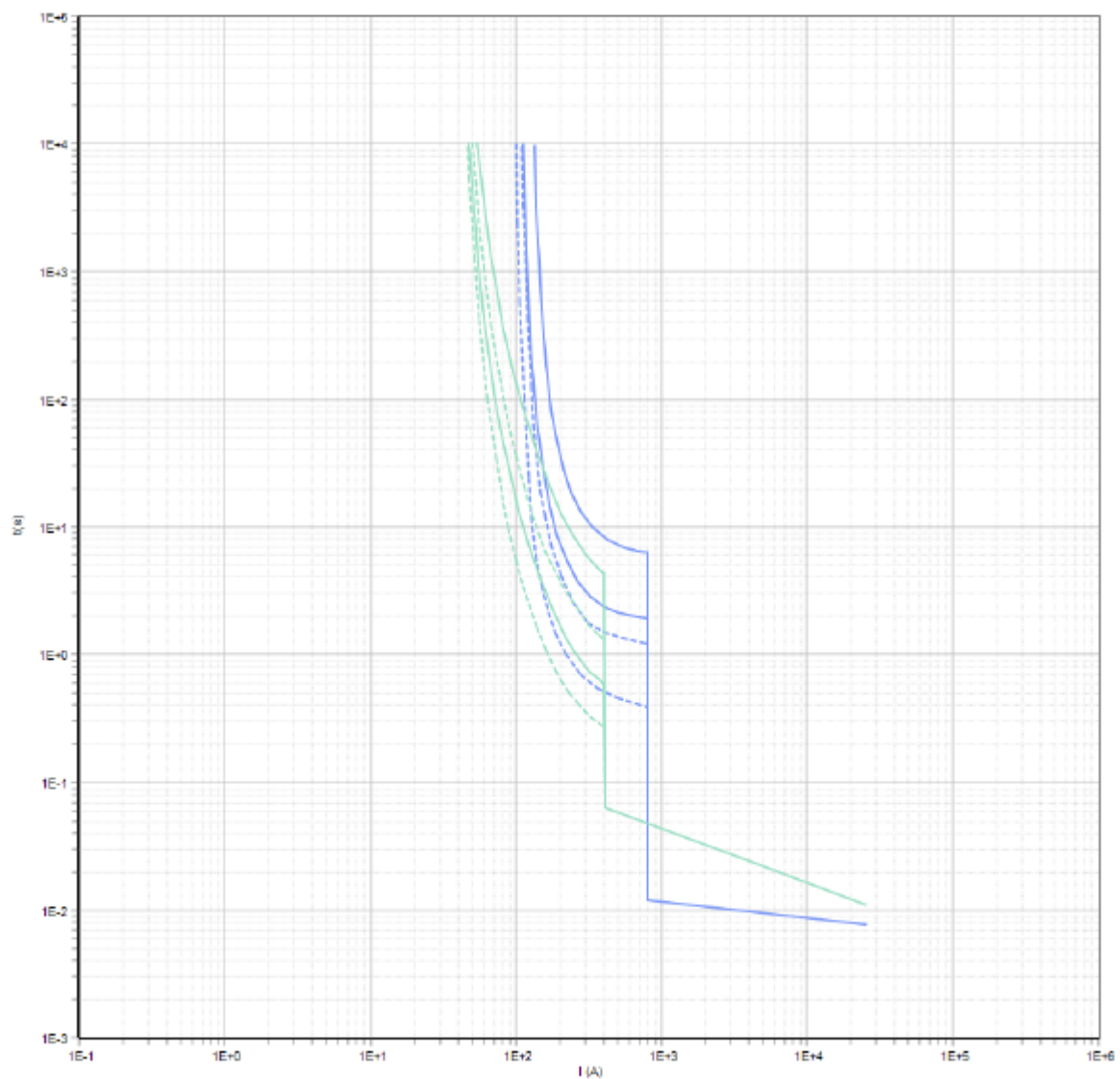
- T1.DG1 420004 MCCB DPX160 16kA 3P 80A thermal-magnetic  
I<sub>th</sub>=80A (1xI<sub>n</sub>) ; I<sub>sd</sub>=800A (10xI<sub>n</sub>) ;
- T1.D1 027004 MCCB DRX125 3P 40A 10KA thermal-magnetic



**Figura 38** – Curva de protección 10

### *m.3.11 TGBT a TR*

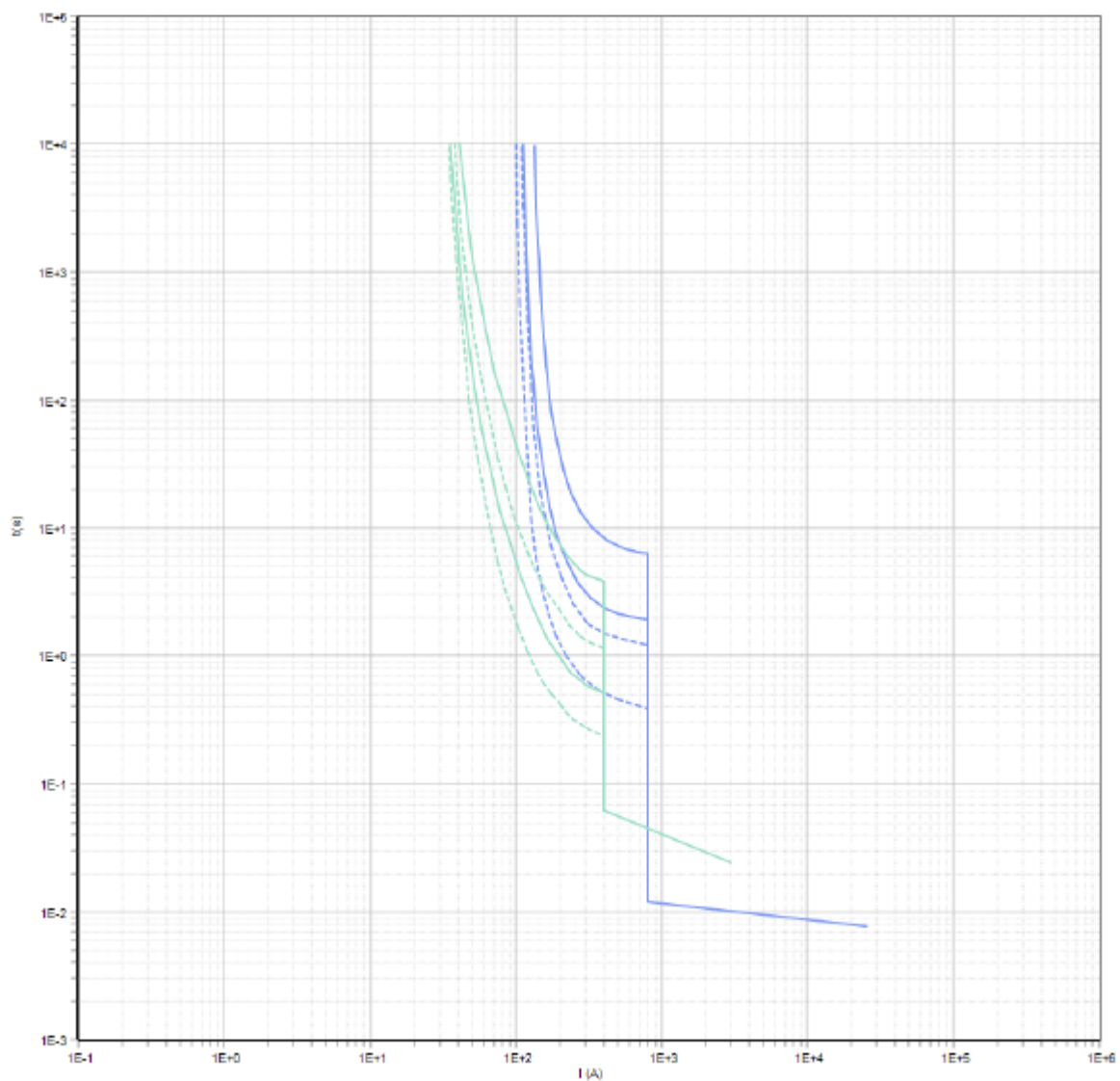
- T1.DG1 420004 MCCB DPX160 16kA 3P 80A thermal-magnetic  
I<sub>th</sub>=80A (1xIn) ; I<sub>sd</sub>=800A (10xIn) ;
- T1.D1 027004 MCCB DRX125 3P 40A 10KA thermal-magnetic



**Figura 39** – Curva de protección 11

### *m.3.10 TGBT a TDP2*

- T1.DG1 420004 MCCB DPX<sup>3</sup>160 16kA 3P 80A thermal-magnetic  
I<sub>th</sub>=80A (1xI<sub>n</sub>) ; I<sub>sd</sub>=800A (10xI<sub>n</sub>) ;
- T1.D4 027003 MCCB DRX125 3P 30A 10KA thermal-magnetic



**Figura 40** – Curva de protección 12

#### m.4 Conclusiones

Las conclusiones obtenidas en el estudio de coordinación de protecciones son:

- La instalación eléctrica coordina en su sistema de protección para baja tensión.
- Los resultados se mantendrán válidos y fiables siempre y cuando se manejen protecciones de una misma marca.

#### n. Cálculo de canalizaciones (tubos, ductos, canaletas y electroductos), volumen de encerramientos (cajas, tableros, canaletas, etc.) y electroductos

##### n.1 Bandeja

De acuerdo con la tabla 318-9 de la sección 318 de la NTC 2050, el cálculo del porcentaje de ocupación del número máximo de conductores que pueden ir por bandeja.

Anchura interior de la bandeja en cm	Área de llenado máxima permisible en cm <sup>2</sup> para cables multiconductores			
	Bandejas portacables tipo escalera o batea ventilada, Artículo 318-9.a)		Bandejas portacables tipo fondo sólido, Artículo 318-9.C)	
	Columna 1 Aplicable sólo al Artículo 318-9.a).2)	Columna 2* Aplicable sólo al Artículo 318-9.a).3i)	Columna 3 Aplicable sólo al Artículo 318-9.c).2)	Columna 4* Aplicable sólo al Artículo 318-9.c).3)
15	45	45-(1,2 Sd)**	35	35-SD**
23	68	68 (1,2Sd)	52	52-Sd
30	90	90-(1,2Sd)	71	71-Sd
45	135	135-{1,2 Sd}	106	106-Sd
60	180	180 -(1,2 Sd)	142	142-Sd
75	225	225-(1,2 Sd)	177	177-Sd
90	270	270 -(1,2 Sd)	213	213-Sd

\* Se debe calcular la superficie máxima admisible de las columnas 2 y 4. Por ejemplo, la superficie máxima admisible, en cm<sup>2</sup>, de una bandeja de 15 cm de ancho de la columna 2, debe ser 45-(1,2xSd).

\*\* La expresión Sd de las columnas 2 y 4 es la suma de diámetros (en cm) de todos los cables multiconductores con sección transversal 21,14 mm<sup>2</sup> (4 AWG) y superior instalados en la misma bandeja con cables más pequeños.

Tabla 32 – Área de llenado permisible para cables multiconductores en bandeja porta cables de tipo escalera, batea ventilada o fondo sólido para cables de 2000V nominales o menos  
tabla 318-9 NTC 2050.

CABLES MENORES A 4/0						
Cantidad	Tipo de Conductor	Calibre	Diam. (mm)	Area (mm2)	Area Total (mm2)	Ancho Requerido (cm)
26	THHN/LSZH	8	5.99	28.18	732.68	2.42
9	THHN/LSZH	10	4.47	15.69	141.24	0.47
4	THHN/LSZH	4	8.93	62.63	250.53	0.83
					Ancho Minimo (cm)	3.71
					Reserva: 40%	1.48
					Ancho total de Bandeja (cm)	5.19

Tabla 33 – Calculo de llenado de bandeja

Podemos concluir, según lo mencionado anteriormente, que la bandeja que escogeremos será la de 10 cms, que la bandeja comercial por encima de 5.19 cms de acuerdo al cálculo realizado.

## n.2 Ductería

De acuerdo con la tabla 1 del capítulo 9 de la NTC 2050, el cálculo del porcentaje de ocupación del número máximo de conductores que pueden ir por un ducto, se determina mediante las secciones transversales de los conductores y de los ductos:

$$\%Ocupacion = \frac{A_{conductor}}{A_{ducto}} * 100$$

Dado que se tienen más de dos conductores por ducto el límite de llenado es de 40%.

Número de conductores	1	2	Más de 2
Todos los tipos de conductores	53%	31%	40%

Tabla 34 – Porcentajes de ocupación de las tuberías para el llenado de conductores.

Fuente: NTC 2050 capitulo 9, tabla 1

Se proyectó las canalizaciones en baja tensión en tubería PVC y EMT, con la ocupación que se observa a continuación.

CALCULO DE DUCTERIA																							% MAX 40		
TRAMO		CONDUCTORES																SECCIÓN			DUCTO	%			
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 75 KVA	BANCO DE MEDIDORES	2	x	(	3	#	1/0	F	+	1	#	1/0	N	+	1	#	6	T	)	951.348	2	x	2"	4891.56	19.449
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	1	x	(	3	#	2	F	+	1	#	2	N	+	1	#	8	T	)	321.021	1	x	1 1/2"	1534.11	20.926
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	PLANTA DE EMERGENCIA 27 KVA	1	x	(	3	#	2	F	+	1	#	2	N	+	1	#	8	T	)	321.021	1	x	2"	2445.78	13.125
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO DE DISTRIBUCION DE BODEGA	1	x	(	3	#	8	F	+	1	#	8	N	+	1	#	8	T	)	127.141	1	x	1"	685.36	18.551
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO DE AIRES ACONDICIONADOS	1	x	(	3	#	4	F	+	1	#	4	N	+	1	#	8	T	)	237.184	1	x	1 1/2"	1534.11	15.461
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO DE DISTRIBUCION PISO 2	1	x	(	3	#	10	F	+	1	#	10	N	+	1	#	10	T	)	80.585	1	x	1"	685.36	11.758
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	UPS RED REGULADA	1	x	(	2	#	10	F	+	1	#	10	N	+	1	#	10	T	)	64.468	1	x	1"	685.36	9.407
UPS RED REGULADA	TABLERO REGULADO TR	1	x	(	2	#	10	F	+	1	#	10	N	+	1	#	10	T	)	64.468	1	x	1"	685.36	9.407
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 1	1	x	(	2	#	8	F	+	1	#	8	N	+	1	#	8	T	)	101.713	1	x	1"	685.36	14.841
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 2	1	x	(	2	#	8	F	+	1	#	8	N	+	1	#	8	T	)	101.713	1	x	1"	685.36	14.841
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 3	1	x	(	2	#	8	F	+	1	#	8	N	+	1	#	8	T	)	101.713	1	x	1"	685.36	14.841
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 4	1	x	(	2	#	8	F	+	1	#	8	N	+	1	#	8	T	)	101.713	1	x	1"	685.36	14.841
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 5	1	x	(	2	#	8	F	+	1	#	8	N	+	1	#	8	T	)	101.713	1	x	1"	685.36	14.841
CIRCUITOS RAMALES																									
CIRCUITO DE ILUMINACION	CABLE DE CU LIBRE DE HALOGENOS	1	x	(	1	#	12	F	+	1	#	12	N	+	1	#	12	T	)	36.577	1	x	3/4"	430.74	8.492
CIRCUITO DE TOMAS	CABLE DE CU LIBRE DE HALOGENOS	3	x	(	1	#	12	F	+	1	#	12	N	+	1	#	12	T	)	109.730	1	x	3/4"	430.74	25.475
CIRCUITOS AA	CABLE DE CU LIBRE DE HALOGENOS	2	x	(	2	#	10	F	+	1	#	10	N	+	1	#	12	T	)	121.087	1	x	3/4"	430.74	28.111

Tabla 35 – Porcentajes de ocupación de ducteria

Podemos concluir, según lo mencionado anteriormente, que el porcentaje de ocupación de acuerdo con la norma es del 40%. Además, se puede observar en la tabla adjunta que se cumple con este requisito.

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

Los cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y el factor de potencia, son esenciales en el diseño eléctrico según el RETIE. La norma EMP Guía Metodológica cálculo de pérdidas de energía ofrece directrices para realizar estos cálculos de manera eficiente y cumplir con los estándares técnicos. Esto asegura la eficiencia energética y la estabilidad del suministro eléctrico, optimizando el rendimiento del sistema y cumpliendo con las regulaciones normativas.

Para el cálculo de las pérdidas de potencia eléctrica, se realizan por medio de las siguientes ecuaciones:

$$Pp(KW) = k * L(Km) * R_{cond}(\Omega - Km) * I^2$$

$$Pp(\%) = \frac{Pp(KW)}{P_{CTO}(KW)} * 100$$

Donde:

L: Longitud del tramo de acometida en Km.

$R_{cond}$ : Resistencia longitudinal del conductor (en ohm por Km)

I: Corriente nominal del circuito (en A)

Pp (%): perdidas de potencia porcentuales.

Pp(kW): perdidas de potencia en Kilovatios.

$P_{CTO}$ (kW): Potencia nominal del circuito.

K: Factor de cálculo según el sistema (Trifásico: 3, Bifásico bifilar: 2, Bifásico trifilar: 3, monofásico: 2). La tabla 28 muestra los porcentajes de perdidas máximos de potencia y energía admitidos según el tipo de red o sistema eléctrico.

Componente	Energía (%)	Potencia (%)
Línea de distribución (34,5 kV)	1,5	2,7
Alimentadores primarios (Hasta 13,2 kV)	0,5	0,8
Transformadores	2,2	*
Redes de baja tensión	2,7	5,5

Tabla 36 – Perdidas máximas de potencia y energía. Tabla 2.4 norma ESSA

El cálculo de pérdidas de energía se realiza mediante la siguiente metodología:

$$Pw(\%) = \frac{Pp(\%) * Dn^2}{Drms}$$

Donde:

Dn: Demanda promedio en horas.

Drms: Demanda eficaz

Para efectos de cálculo de pérdidas de potencia y energía, la resistencia del conductor debe ser calculada a una temperatura no inferior a la máxima temperatura de operación correspondiente:

- 50°C, si la condición límite es la regulación.
- La temperatura nominal del conductor si la condición límite es la capacidad de corriente.

A continuación, se demuestra el cálculo realizado de la regulación, perdidas de potencia tomando como  $D_n=0.82$  y  $D_{rms}=0.51$

### o.1 Cuadro de pérdidas de energía

PROYECTO:			COMPLEJO COMERCIAL E INDUSTRIAL CEDI HICAR						CLIENTE:	COMPLEJO COMERCIAL E INDUSTRIAL CEDI HICAR				REV.	1									
LONGITUDES			CARACTERISTICA DE LA CARGA						VALORES NOMINALES	MOMENTO ELÉCTRICO				CALIBRE, MEDIDOR Y PROTECCION				Conductores por fase		Pérdidas de potencia				Pérdidas de Energía
TRAMO		LONG.(m)	P	S	FASES	FP	MAT.	CTE	I NTC 2050 1,25	MOMENTO	KG	K	PROT.	CALIBRE			Conductores por fase	Ducto						
Inicio	Fin	Total	[W]	[KVA]				[A]	[A]	[KVA* <sup>3</sup> m]			[A]	FASE	TIERRA	TENSION	Conductores por fase			R [Ω/km]	Pp [kW]	Pp [%]	Pw [%]	
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 75 kVA	BANCO DE MEDIDORES	9.00	67,500	75.00	3	0.90	Cu	196.82	246.03	675.00	38.1696	7.886E-04	3X200A	1/0	6	220	2	PVC	2x2"	0.3940	0.1374	0.2035	0.2716	
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	12.00	25,243	28.05	3	0.90	Cu	73.61	92.01	336.57	57.8007	1.194E-03	3X80A	2	8	220	1	PVC	1x1 1/2"	0.6230	0.0405	0.1605	0.2141	
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	PLANTA DE EMERGENCIA 27 kVA	17.00	24,300	27.00	3	0.90	Cu	70.86	88.57	459.00	57.8007	1.194E-03	3X80A	2	8	220	1	PVC	1x2"	0.6230	0.0532	0.2188	0.2920	
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO DE DISTRIBUCION DE BODEGA	10.00	4,497	5.00	3	0.90	Cu	13.11	16.39	49.97	217.607	4.496E-03	3X30A	8	8	220	1	PVC	1x1"	2.5600	0.0044	0.0979	0.1306	
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO DE AIRES ACONDICIONADOS	56.00	14,000	15.56	3	0.90	Cu	40.82	51.03	871.11	89.2797	1.845E-03	3X60A	4	8	220	1	PVC	1x1 1/2"	1.0200	0.0952	0.6799	0.9074	
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO DE DISTRIBUCION PISO 2	56.00	4,271	4.75	3	0.90	Cu	12.45	15.57	265.75	337.154	6.966E-03	3X30A	10	10	220	1	PVC	1x1"	3.9400	0.0342	0.8012	1.0693	
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	UPS RED REGULADA 5kVA	53.00	2,700	3.00	2	0.90	Cu	13.64	17.05	159.00	337.154	6.966E-03	2X30A	10	10	220	1	PVC	1x1"	3.9400	0.0388	1.4382	1.9193	
UPS RED REGULADA 5 Kva	TABLERO REGULADO TR	6.00	2,700	3.00	2	0.90	Cu	13.64	17.05	18.00	337.154	6.966E-03	2X30A	10	10	220	1	PVC	1x1"	3.9400	0.0044	0.1628	0.2173	
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 1	54.00	2,758	3.06	2	0.90	Cu	13.93	17.41	165.48	217.607	4.496E-03	2X40A	8	8	220	1	PVC	1x1"	2.5600	0.0268	0.9725	1.2979	
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 2	59.00	2,758	3.06	2	0.90	Cu	13.93	17.41	180.80	217.607	4.496E-03	2X40A	8	8	220	1	PVC	1x1"	2.5600	0.0293	1.0626	1.4181	
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 3	64.00	2,758	3.06	2	0.90	Cu	13.93	17.41	196.12	217.607	4.496E-03	2X40A	8	8	220	1	PVC	1x1"	2.5600	0.0318	1.1526	1.5382	
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 4	69.00	2,758	3.06	2	0.90	Cu	13.93	17.41	211.45	217.607	4.496E-03	2X40A	8	8	220	1	PVC	1x1"	2.5600	0.0343	1.2427	1.6584	
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 5	74.00	2,758	3.06	2	0.90	Cu	13.93	17.41	226.77	217.607	4.496E-03	2X40A	8	8	220	1	PVC	1x1"	2.5600	0.0368	1.3327	1.7786	

Tabla 37 – Tabla de pérdidas de energía

## o.2 Conclusión

Podemos concluir que, de acuerdo con la tabla 29, se cumplen los parámetros establecidos para las pérdidas de energía y potencia en las redes de baja tensión. Esto asegura que las pérdidas se mantienen dentro de los límites normativos, garantizando la eficiencia del sistema.

### p. Cálculos de regulación.

El cálculo de la regulación nos permitirá seleccionar de forma óptima el conductor eléctrico, no solo desde el punto de vista de capacidad amperimétrica, sino que también buscando reducir las pérdidas técnicas por distribución. Para el cálculo de las caídas de tensión porcentuales de las redes de baja y media tensión, se hará uso de la metodología DE TRAMO A TRAMO, para lo cual se tendrá en cuenta los siguientes criterios según la norma ESSA ‘Normas para calculo y diseño de sistemas de distribución’ en los ítems 3.1.12.9 y 5.1.5.2:

**Circuitos en baja tensión:** La Tabla 30 define los porcentajes parciales de regulación admitidos.

Descripción	%
Redes de distribución B.T., zona urbana	3
Redes de distribución B.T., zona rural	3
Acometida desde bornes del transformador (o desde la red de distribución) hasta el tablero de medida	3
Alimentador desde el tablero de medida hasta el tablero de distribución	2
Circuito ramal	2
Alumbrado público (ver RETILAP)	

Tabla 38 - Porcentajes de regulación para acometidas, alimentadores y circuitos ramales.

Tabla 2.3 norma ESSA

Ecuación general para el cálculo de regulación:

$$\delta\% = \frac{KG.M.Fc}{v^2}$$

Dónde:

S:	Potencia aparente de la carga, en [KVA]
L:	Longitud del alimentador, en [m]
M:	Momento eléctrico, en [KVA-m]
V:	Voltaje de línea de diseño (220V Tensión Nominal del transformador trifásico al cual se proyecta conectar este diseño)
KG:	Constante generalizada de regulación conductor
Fc:	Factor corrección tipo de red y subestación

Se ha de tener en cuenta, que el momento eléctrico se calcula con la siguiente expresión:

$$M = l.S \text{ (kVA.m)}$$

Para el cálculo de la constante de regulación generalizada (KG), se puede hacer uso de la siguiente expresión, la cual dependerá de las características eléctricas de la red como resistencia y reactancia.

$$KG = (r.\cos\varphi + xl.\sen\varphi)*100$$

A partir de la ecuación anterior, podemos determinar la constante de regulación (K) de la red, la cual dependerá de la tensión nominal de servicio:

$$K = \frac{KG}{V^2}$$

Sin embargo, los valores del KG para las redes de baja tensión en ducto, pueden ser tomados de la tabla 31, dicha tabla tiene las siguientes restricciones técnicas:

- Conductores de cobre aislado en ducto no metálico.

Tensión	(KG) Baja tensión (*)				
Cos $\varphi$	0,8	0,85	0,9	0,95	1
14 AWG	752,235	797,3404	842,141	886,377	927,36
12 AWG	476,467	504,4656	532,18	559,367	583,52
10 AWG	302,877	320,1481	337,154	353,67	367,36
8 AWG	196,463	207,1611	217,607	227,585	234,87
6 AWG	126,254	132,6717	138,855	144,602	147,84
4 AWG	81,9997	85,7495	89,2797	92,4032	93,184
2 AWG	53,8566	55,93171	57,8007	59,2879	58,576
1 AWG	44,2823	45,7401	46,9888	47,8501	46,48
1/0 AWG	36,3697	37,37117	38,1696	38,592	36,848
2/0 AWG	30,0602	30,70733	31,1578	31,244	29,232
3/0 AWG	25,049	25,41483	25,5891	25,4085	23,184
4/0 AWG	21,012	21,15945	21,1208	20,7374	18,368
250 kcmils	18,349	18,40482	18,2864	17,8453	15,5456
350 kcmils	14,5742	14,43523	14,1286	13,5115	11,1059
500 kcmils	11,9212	11,61412	11,139	10,3527	7,7739
750 kcmils	9,65586	9,242255	8,66627	7,78946	5,18
1000 kcmils	8,50015	8,037757	7,41674	6,50182	3,8942

Tabla 39 - Constantes de regulación para conductores de Cu aislados en ductos no metálicos. Tabla 3.25 norma ESSA

A continuación, presentamos los resultados de los cálculos realizados para la sección de regulación.

## p.1 Cálculos de regulación

PROYECTO:			COMPLEJO COMERCIAL E INDUSTRIAL CEDI HICAR						CLIENTE:		COMPLEJO COMERCIAL E INDUSTRIAL CEDI HICAR			Fecha:	13/02/2024			REV.	1				
LONGITUDES			CARACTERISTICA DE LA CARGA						VALORES NOMINALES		MOMENTO ELÉCTRICO			REGULACION [%]			CALIBRE, MEDIDOR Y PROTECCION				Conductores por fase		
TRAMO		LONG.(m)	P	S	FASES	FP	MAT.	CTE	INTC 2050 1,25	MOMENTO	KG	K	PERM.	PARCIAL	TOTAL	PROT.	CALIBRE				Ducto		
Inicio	Fin	Total	[W]	[KVA]				[A]	[A]	[KVA*m]						[A]	FASE	TIERRA	TENSION	Conductores por fase			
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 75 kVA	BANCO DE MEDIDORES	9.00	67,500	75.00	3	0.90	Cu	196.82	246.03	675.00	38.1696	7.886E-04		0.2660	0.266	3X200A	1/0	6	220	2	PVC	2x2"	
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	12.00	25,243	28.05	3	0.90	Cu	73.61	92.01	336.57	57.8007	1.194E-03		0.4020	0.668	3X80A	2	8	220	1	PVC	1x1 1/2"	
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	PLANTA DE EMERGENCIA 27 kVA	17.00	24,300	27.00	3	0.90	Cu	70.86	88.57	459.00	57.8007	1.194E-03		0.5480	1.216	3X80A	2	8	220	1	PVC	1x2"	
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO DE DISTRIBUCION DE BODEGA	10.00	4,497	5.00	3	0.90	Cu	13.11	16.39	49.97	217.607	4.496E-03		0.2250	0.893	3X30A	8	8	220	1	PVC	1x1"	
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO DE AIRES ACONDICIONADOS	56.00	14,000	15.56	3	0.90	Cu	40.82	51.03	871.11	89.2797	1.845E-03		1.6070	2.275	3X60A	4	8	220	1	PVC	1x1 1/2"	
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	TABLERO DE DISTRIBUCION PISO 2	56.00	4,271	4.75	3	0.90	Cu	12.45	15.57	265.75	337.154	6.966E-03		1.8510	2.519	3X30A	10	10	220	1	PVC	1x1"	
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	UPS RED REGULADA 5kVA	53.00	2,700	3.00	2	0.90	Cu	13.64	17.05	159.00	337.154	6.966E-03		2.4920	3.160	2X30A	10	10	220	1	PVC	1x1"	
UPS RED REGULADA 5 Kva	TABLERO REGULADO TR	6.00	2,700	3.00	2	0.90	Cu	13.64	17.05	18.00	337.154	6.966E-03		0.2820	3.442	2X30A	10	10	220	1	PVC	1x1"	
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 1	54.00	2,758	3.06	2	0.90	Cu	13.93	17.41	165.48	217.607	4.496E-03		1.6740	1.940	2X40A	8	8	220	1	PVC	1x1"	
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 2	59.00	2,758	3.06	2	0.90	Cu	13.93	17.41	180.80	217.607	4.496E-03		1.8290	2.095	2X40A	8	8	220	1	PVC	1x1"	
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 3	64.00	2,758	3.06	2	0.90	Cu	13.93	17.41	196.12	217.607	4.496E-03		1.9840	2.250	2X40A	8	8	220	1	PVC	1x1"	
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 4	69.00	2,758	3.06	2	0.90	Cu	13.93	17.41	211.45	217.607	4.496E-03		2.1390	2.405	2X40A	8	8	220	1	PVC	1x1"	
BANCO DE MEDIDORES	TABLERO DE DISTRIBUCION LOCAL 5	74.00	2,758	3.06	2	0.90	Cu	13.93	17.41	226.77	217.607	4.496E-03		2.2940	2.560	2X40A	8	8	220	1	PVC	1x1"	

Tabla 40 – Tabla de pérdidas de energía

#### **q. Clasificación de áreas**

El proyecto CEDI HICAR, un complejo comercial e industrial que incluye oficinas y locales comerciales, no se considera una instalación especial según el RETIE 2013, Art. 28.3. Este reglamento define las instalaciones especiales como aquellas ubicadas en ambientes clasificados como peligrosos o que alimentan equipos y sistemas complejos, que presentan un mayor riesgo y requieren medidas específicas para mitigar o eliminar esos riesgos. Dado que CEDI HICAR no cumple con los criterios de estar en un área clasificada como peligrosa ni de operar equipos o sistemas que impliquen riesgos significativos, no se aplican las disposiciones del RETIE relacionadas con instalaciones especiales para este proyecto.

#### **r. Elaboración de diagramas unifilares**

Para el proyecto CEDI HICAR, se ha realizado la elaboración de diagramas unifilares de acuerdo con los requisitos del RETIE. Este proceso incluye la representación gráfica detallada de los sistemas eléctricos, facilitando la comprensión y la revisión del diseño eléctrico. Los diagramas unifilares se encuentran en los anexos.

#### **s. Elaboración de planos y esquemas eléctricos de construcción**

Se encuentran anexos a este documento

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

El proyecto sigue rigurosamente los estándares de calidad establecidos. Los materiales y equipos especificados por el Contratista serán nuevos, de primera calidad y libres de defectos, cumpliendo con las normas NTC aplicables y las especificaciones técnicas particulares que se detallan en un documento anexo en formato PDF. Además, estarán certificados por el CIDET para

el Sector Eléctrico y contarán con la certificación RETIE según lo ofrecido en la propuesta. Antes de su utilización, estos materiales y equipos deberán ser aprobados por el Interventor.

Las marcas y referencias mencionadas en las especificaciones no serán de cumplimiento obligatorio, pero aquellas seleccionadas para el diseño deberán mantener características y calidad iguales o superiores a las especificadas, sin afectar el presupuesto del proyecto. Para la ejecución de todas las actividades planificadas, se empleará mano de obra especializada y las herramientas adecuadas.

**u. Establecer las distancias de seguridad requeridas.**

Con base en lo establecido por el RETIE en sus artículos 10.4 “espacios para el montaje, operación y mantenimiento de equipos” y Artículo 13 “Distancias de seguridad”, se deberán contar con los suficientes espacios de trabajo de tal modo que el montaje, operación y mantenimiento de los equipos, sean posibles y de forma segura. Algunas de las recomendaciones son:

Demarcar con pinturas reflectivas las zonas acercamiento seguro alrededor de los equipos albergados en la subestación.

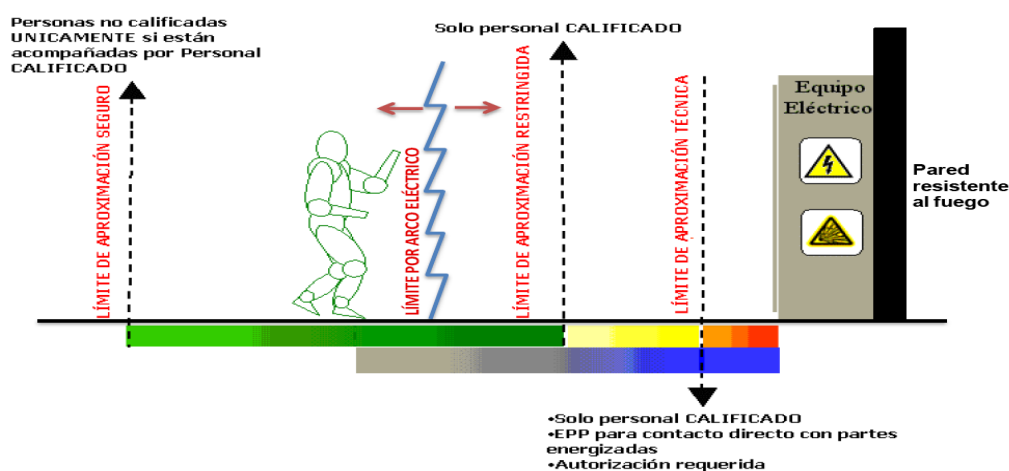
El lugar donde se construirá la subestación eléctrica se deberán prever los espacios (Incluyendo los accesos) suficientes para el montaje, operación y mantenimiento de equipos y demás componentes, de tal manera que se garantice la seguridad tanto de las personas como de la misma instalación.

Espacios de trabajo mínimos frente a equipos o elementos energizados, según NTC2050 tabla 110-16 y 34.a)	
Equipos de media tensión (VL = 13,2KV)	1.5 m

Equipos de baja tensión (VL = 208 V)	0.9
	m

Tabla 41 – Distancias mínimas de seguridad. NTC2050 tabla 110-16 y 34.a)

Con relación a las distancias de trabajo y acercamientos seguros, se deberá tener en cuenta lo establecido en el art. 13.4 del RETIE “Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas” el cual establece los límites que se establecen en la Figura 40 y en la Tabla 34 mostradas a continuación:



**Figura 39** – Distancias de seguridad exigidas en zonas de equipos energizados. Sacado de la Figura 13.4. Límites de aproximación RETIE

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

**Tabla 13.7. Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente alterna**

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

**Tabla 13.8. Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente continua.**

**Tabla 42 – Clasificación de las distancias de seguridad para trabajos de partes**

Se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones técnicas y de salud ocupacional:

- Las partes energizadas a las que el trabajador pueda estar expuesto, se deben poner en condición de trabajo eléctricamente seguro antes de trabajar en o cerca de ellas, a menos que se demuestre que desenergizar contiene riesgos adicionales.
- Para actividades tales como cambio de interruptores o partes de él, intervenciones sobre transformadores de corriente, mantenimiento de barrajes, instalación y retiro de medidores,

apertura de condensadores, macro mediciones, medición de tensión y corriente, entre otras: deben cumplirse procedimientos seguros como los establecidos en la sección 13.4 del RETIE:

a) Revisar la potencia de cortocircuito y el tiempo de despeje de la falla, para definir la categoría del riesgo que determina el elemento de protección a utilizar. El análisis de arco debe revisarse en periodos no mayores a cinco años o cuando se realicen modificaciones mayores.

b) Fijar etiquetas donde se indique el nivel de riesgo y el equipo requerido.

c) Realizar una correcta señalización del área de trabajo y de las zonas aledañas a ésta.

d) Tener un entrenamiento apropiado para trabajar en tensión, si es el caso.

e) Tener un plano actualizado y aprobado por un profesional competente.

f) Tener una orden de trabajo firmada por la persona que lo autoriza.

g) Usar equipos de protección personal certificados para el nivel de tensión y energía incidente involucrados, los cuales no deben tener nivel de protección menor al establecido en la Tabla 13.6 del RETIE.

h) Las personas no calificadas, no deben sobrepasar el límite de aproximación seguro.

i) El límite de aproximación restringida debe ser señalizado ya sea con una franja visible hecha con pintura reflectiva u otra señal que brinde un cerramiento temporal y facilite al personal no autorizado identificar el máximo acercamiento permitido.

j) Cumplir las distancias mínimas de aproximación a equipos energizados de las Tablas 13.7 o 13.8 y la Figura 13.4 del RETIE según corresponda. Estas distancias son barreras que buscan prevenir lesiones al trabajador y son básicas para la seguridad eléctrica.

#### **u.1 Distancias de seguridad en zona con construcciones.**

Las distancias de seguridad establecidas en las tablas aplican a conductores sin aislamiento. Para tensiones superiores a 57,5 kV entre fases y ubicaciones por encima de los 1000

metros sobre el nivel del mar, estas distancias se incrementan un 3 % por cada 300 metros adicionales. Las distancias verticales se miden desde el punto energizado más cercano al lugar de posible contacto, y las horizontales se calculan desde la fase más próxima al sitio de posible contacto.

En instalaciones con tensiones diferentes a las contempladas, se deben cumplir los requisitos para la tensión inmediatamente superior. Cuando estructuras como edificios, chimeneas, antenas, tanques u otras elevaciones no requieran mantenimiento y no haya trabajadores cerca de los conductores, la distancia horizontal (b) puede reducirse en 0,6 metros.

Un área se considera fácilmente accesible para peatones si puede ser alcanzada sin esfuerzo extraordinario a través de puertas, ventanas, escaleras, o rampas habituales.

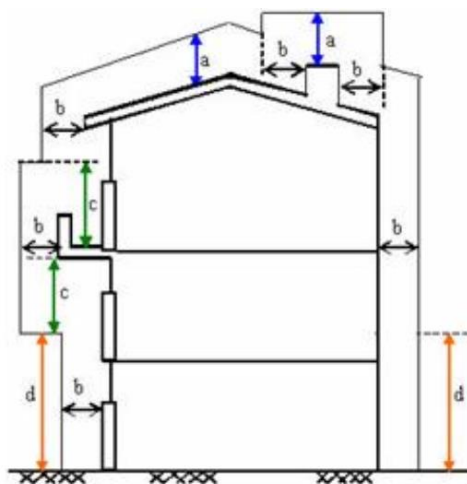
Estas distancias no se aplican a cables aislados y con pantalla, ni a conductores de Baja Tensión. El cruce de redes de menor tensión sobre redes de mayor tensión es permitido bajo supervisión autorizada y documentación adecuada.

Para techos metálicos cercanos y redes de conducción paralelas o cruzadas con líneas de media, alta y extra alta tensión, se debe verificar que las tensiones inducidas no representen peligro ni afecten su funcionamiento.

Las construcciones deben respetar las distancias mínimas de seguridad indicadas en la tabla 38, derivada de la tabla 13.1 del RETIE.

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. (Figura 13)	34,5	3,8
	13,2	3,8
	< 1	0,45
Distancia horizontal “b” a muros, proyecciones, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Figura 13)	115	2,8
	66	2,5
	34,5	2,3
	13,2	2,3
	< 1	1,7
Distancia vertical “c” sobre o debajo de balcones o techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura. (Figura 13)	34,5	4,1
	13,2	4,1
	< 1	3,5
Distancia vertical “d” a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 13)	115	6,1
	66	5,8
	34,5	5,6
	13,2	5,6
	< 1	5

Tabla 43 – Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones. Sacada de la tabla 13.1 del RETIE



**Figura 40** – Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones. Sacada de la figura 13.1 del RETIE

**v. 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**

Según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y las normativas vigentes, las desviaciones de la NTC 2050 deben ser cuidadosamente justificadas técnica y normativamente, siempre que sean aplicables y no comprometan la seguridad de las personas ni de la instalación eléctrica. En el caso del proyecto CEDI HICAR, la empresa Contecon ha llevado a cabo un diseño detallado y riguroso que cumple estrictamente con todas las disposiciones y requisitos establecidos por la NTC 2050 y el RETIE. Durante la fase de diseño y planificación, no se identificó la necesidad ni la posibilidad de aplicar desviaciones de la normativa mencionada. Todas las decisiones técnicas y de diseño fueron tomadas con base en análisis exhaustivos que garantizan la seguridad eléctrica integral del proyecto, asegurando que todas las instalaciones cumplan con los estándares de calidad y seguridad establecidos por las autoridades competentes.

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

De acuerdo con las normativas pertinentes y las especificaciones técnicas del RETIE, CONTECON ha determinado que para el proyecto CEDI HICAR, los estudios adicionales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas no son necesarios para garantizar una operación segura y eficiente de las instalaciones eléctricas. Esta decisión se basa en la evaluación del entorno y las características específicas del sitio, asegurando el cumplimiento adecuado de las normativas eléctricas sin comprometer la integridad ni la funcionalidad del proyecto.

## Referencias bibliográficas

- Instituto colombiano de normas técnicas y certificación ICONTEC (1998). Código eléctrico colombiano, Norma Técnica Colombiana NTC 2050. Santa fe de Bogotá DC.
- Ministerio de Minas y Energía (2013). RETIE.
- Normas de Electrificadora de Santander. (ESSA).
- Instituto colombiano de normas técnicas y certificación ICONTEC (1998). Código eléctrico colombiano, Norma Técnica Colombiana NTC 819. Transformadores trifásicos autorefrigerados y sumergidos en líquido. Corriente sin carga, eficiencia y tensión de corto circuito(2019).
- NORMA EPM, GM 03 coordinación de aislamiento para redes de distribución. Agosto(2019)
- Instituto colombiano de normas técnicas y certificación ICONTEC (1998). Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (RAYOS). Parte I. (NTC 4552-1).
- IEEE. (St) ANSI-IEEE (std 80/2000).
- Instituto colombiano de normas técnicas y certificación ICONTEC (1998) Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (RAYOS). Parte II. (NTC 4552-2).
- CREG 108 de 1997.
- Instituto colombiano de normas técnicas y certificación ICONTEC (1998) NTC4552-3 Protección Contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos). Parte 3: Daños Físicos y Riesgos en Estructuras.
- NFPA 101(código de seguridad humana).
- IEC 60909. Anexo Cálculo de Nivel Máximo de Cortocircuito Artículo 14. Documento técnico 1. (2001).

- Norma EPM guía metodológica N° 01: cálculo de conductor económico. Agosto(2019).
- Artículo 7 IEEE 81
- Página oficial de la ESSA. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.essa.com.co/site/Portals/0/documentos/mi-factura/tarifas/2024/Tarifa\_ESSA\_202401.pdf
- Norma ESSA. Normas para cálculo de diseño de sistemas de distribución. Agosto(2019).
- EPM guía técnica para el cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de equipos. Octubre(2019)
- EMP Guía Metodológica cálculo de pérdidas de energía. Agosto(2019).