CONTRATO DE CONSULTORIA No SP –CM 256-2024

MEMORIA DE CALCULO ESPECIALIDAD ELECTRICA

CONSULTORÍA .

CENTROS CULTURAL DE VILLAPINZÓN

Objeto del contrato

CONSULTORÍA PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS Y ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS PREVIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CENTRO CULTURAL Y LA MODERNIZACIÓN DEL CENTRO DE SALUD DEL MUNICIPIO DE VILLAPINZÓN CUNDINAMARCA

BOGOTÁ ABRIL de 2025

CONTENIDO

1. PRESENTACION DEL PROYECTO 9
2. DISEÑO 11
A. ANALISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS 11
B. ANALSIS DEL NIVEL DEL RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCION CONTRA RAYOS 23
C. ANALISIS Y CUADROS DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO ANALISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ARMONICOS 34
D. ANALISIS DE COORDINACION DE AISLAMIENTO ELECTRICO 39
E. ANALISIS DE CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA 40
F. ANALISIS DEL NIVEL DE TENSION REQUERIDO 42
G. CALCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS 43
H. CALCULOS DE TRANSFORMADORES 44
I. CALCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA 45
J. CALCULO ECONOMICO DE LOS CONDUCTORES 48
K. DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES A UTILIZAR EN MEDIA TENSION Y BAJA TENSION 51
L. CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECION DE EQUIPOS 54
M. SELECCIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES MT_BT 55
N. CALCULOS DE CANALIZACIONES 59
O. CALCULO DE PERDIDAS DE ENERGIA 62
P. CALCULO DE REGULACION DE TENSION 63
Q. CLASIFICACION DE AREAS 66
R. ELABORACION DE DIAGRAMAS UNIFILARES 66
S. ELABORACIÓN DE PLANOS ELÉCTRICOS DE CONSTRUCCIÓN 66
T. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS 66
U. ANALISIS DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD 67
V. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE DESVIACIÓN DE LA NTC 2050 69
W. ESTUDIOS REQUERIDOS PARA LA CORRECTA Y SEGURA OPERACIÓN 69
X. SELECCIÓN, CÁLCULO Y ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES. 72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Generalidades del proyecto. 9
Figura 2. Factibilidad de servicio. 10
Figura 3. Evaluación de riesgo arco eléctrico. 12
Figura 4. Evaluación de riesgo ausencia electricidad. 13
Figura 5. Evaluación de riesgo Contacto directo. 14
Figura 6. Evaluación de riesgo contacto indirecto. 15
Figura 7. Evaluación de riesgo Corto circuito. 16
Figura 8. Evaluación de riesgo electricidad estática. 17
Figura 9. Evaluación de riesgo equipo defectuoso. 18
Figura 10. Evaluación de riesgo rayos. 19
Figura 11. Evaluación de riesgo sobrecarga. 20
Figura 12. Evaluación de riesgo tensión de contacto. 21
Figura 13. Evaluación de riesgo tensión de paso. 22
Figura 14. Valores DDT en Colombia. 28
Figura 15. Diagrama identificación de riesgo. 30
Figura 16. Triangulo de potencias. 38
Figura 17. Simulaciones corrientes de falla. 41
Figura 18. Simulación corriente de falla TGA TT 41
Figura 19. Simulación corriente de falla TAB 1 42
Figura 15. Valores límites de exposición a campos electromagnéticos. 43
Figura 17. Mediciones de resistividad de terreno. 46
Figura 22. Procedimiento de cálculo de malla de puesta a tierra. 48
*Figura 23. Tiempos de coordinación BT(Interrruptor)-MT(Fusible**)**. 59*
Figura 24. Distancias de seguridad. 68
Figura 25. Tabla selección de equipos de medida según potencia. 70
Figura 26. Tabla 430.250 NTC 2050, FLA según potencia de motor. 71
Figura 27. Tabla 430.251 NTC 2050, corriente de rotor bloqueado según potencia de motor. 71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ítems RETIE diseño detallado. 8
Tabla 2. Fuentes con relación a punto de impacto. 25
Tabla 3. Tipo de daño según descripción. 25
Tabla 4. Tipos de perdidas. 26
Tabla 5. Riesgos 26
Tabla 6. Componentes de riesgo. 30
Tabla 7. Tipo de perdida análisis de riesgo 32
Tabla 8. Resultado de análisis de riesgos contra descargas atmosféricas. 33
Tabla 11. cuadro de cargas TAB 2 208v 36
Tabla 12. cuadro de cargas TAB 3 208v 37
Tabla 13. cuadro de cargas TAB Bombas 208v 38
Tabla 14. Valores normalizados de aislamiento. 39
Tabla 12. Nivel de tensión del proyecto. 42
Tabla 19. Tarifas de energía eléctrica. 48
Tabla 20. Calculo económico de conductores MT. 49
Tabla 21. Cálculo económico conductor en económico BT Nivel 208V 50
Tabla 22. Descripción acometida MT. 51

Tabla 24. tabla de la NTC 310-16: Adaptada con valores comerciales 52
Tabla 25. Acometidas para nivel de tensión 208V 53
Tabla 26. Fusible según potencia de transformador. 55
Tabla 27. Protección según carga asociada Tensión 208V. 56
Tabla 28. Características de tuberías eléctricas. 60
Tabla 29. Canalización BT Nivel de tensión 208V. 61
Tabla 30. Cálculo de pérdidas de energía en MT. 62
Tabla 31. Pérdidas técnicas en BT Nivel 208V 63
Tabla 32. Regulación de tensión en MT. 64
Tabla 33. Regulación en BT Nivel de tensión 208V. 65
Tabla 34. Características barras de cobre. 66
Tabla 35. Dimensiones barraje 75KVA a 208V. 67
Tabla 36. Características técnicas generador 1. 72
Tabla 37. Carga total instalada sistema iluminación. 73

Número de Contrato:	**ING. NÉSTOR MORENO**
Objeto del Contrato:	CONSULTORÍA PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS Y ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS PREVIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CENTRO CULTURAL Y LA MODERNIZACIÓN DEL CENTRO DE SALUD DEL MUNICIPIO DE VILLAPINZÓN CUNDINAMARCA
Versión:	VA.0
Periodo:	ABRIL 2025
Número de total de Páginas:	73

A. MEMORIA DE CALCULO ESPECIALIDAD ELECTRICA

CONTROL DE CAMBIOS

Control de Versiones			
Versión	Fecha	Descripción de la modificación	Folios
VA.0	27/04/2025	Generación de memoria de cálculo componente eléctrico	74
VA.1	01/03/2026	Calculo de dos bombas para RCI	74

En el presente proyecto, participaron los siguientes especialistas:

CONSORCIO RURAL 2024

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
		
ING. Néstor Moreno	**ING.**	**ING.**
INGENIERO ELECTRICO		
MP. CN205-121953		

De acuerdo con el RETIE 2024 – Libro 3, Articulo 3.3.1. Diseño detallado

Nota 1. La profundidad con que se traten los ítems dependerá del tipo de instalación, para lo cual debe aplicarse el juicio profesional del responsable del diseño.
Nota 2. El diseñador deberá hacer mención expresa de aquellos ítems que a su juicio no apliquen.

ITEM	DESCRIPCIÓN	APLICA	NO APLICA
a	Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos	X	
b	Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección	X	
c	Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos	X	
d	Coordinación de aislamiento eléctrico	X	
e	Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra	X	
f	Análisis del nivel de tensión requerido	X	
g	Cálculos de campos electromagnéticos	X	
h	Cálculo de transformadores incluyendo efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga	X	
i	Sistema de puesta a tierra	X	
j	Calculo económico de conductores	X	
k	Especificación 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.	X	
l	Calculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación		X
m	cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A	X	
n	Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos). Bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas y armarios, etc)	X	
o	Cálculo de pérdidas de energía teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.	X	
p	Cálculos de regulación de tensión	X	
q	Áreas clasificadas como peligrosas		X
r	Diagramas unifilares	X	
s	Planos eléctricos para construcción	X	
t	Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares		X
u	Distancias de seguridad o servidumbre requeridas	X	
v	Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación,	X	

w	Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústica, mecánicas o térmicas.		X
x	Selección, calculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.		

Tabla 1. Ítems RETIE diseño detallado.

1. PRESENTACION DEL PROYECTO

CENTRO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL ZIPAQUIRÁ



Ilustración 2: Localización general
Fuente: Google Maps

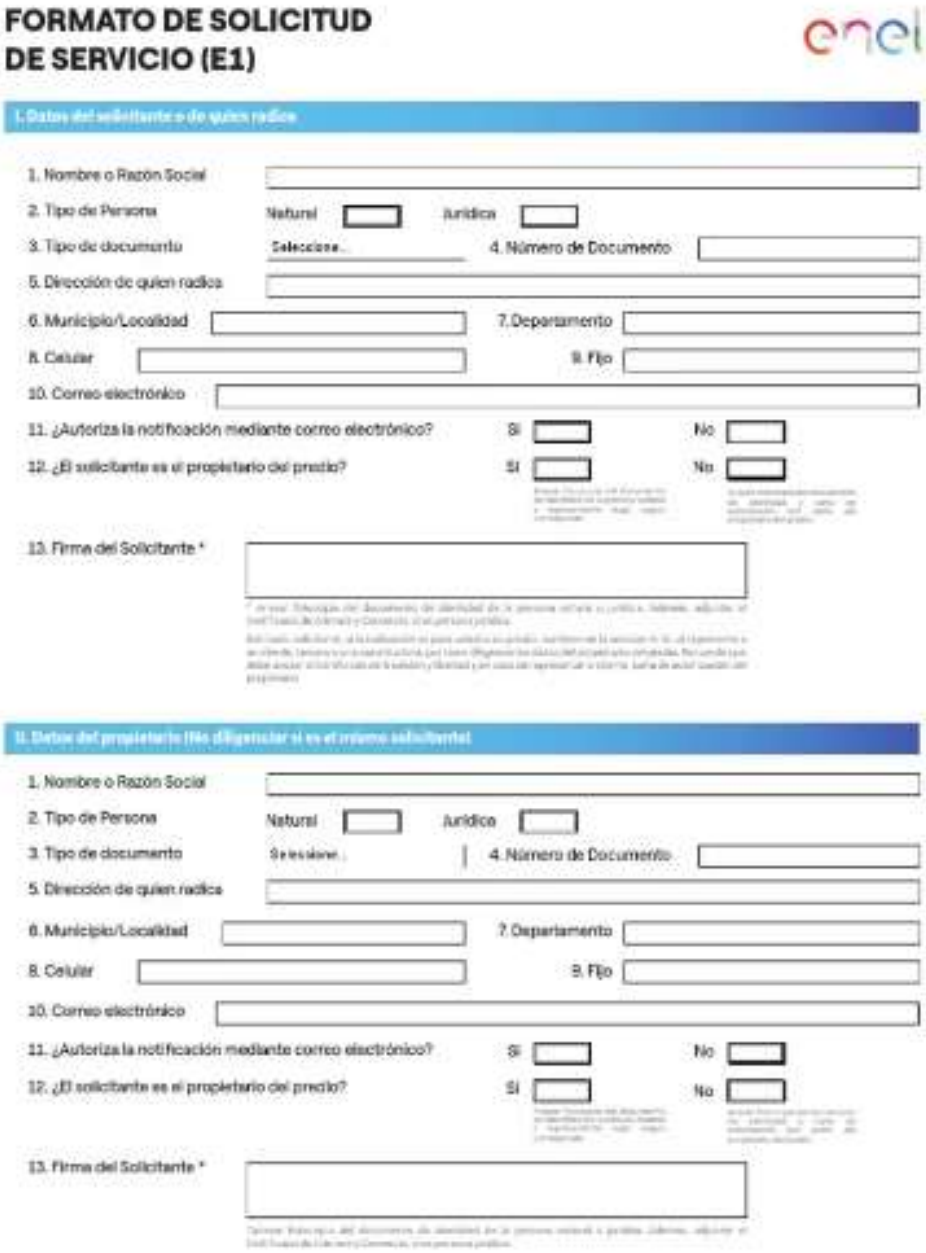


Ilustración 3: Ubicación del predio
Fuente: Google Maps

Ubicado en el municipio de Villapinzón en la carrera 4 entre calle 3 y 4.
Terreno plano
Zona Urbana

Figura 1. Generalidades del proyecto.

Antecedentes del proyecto: La presentación de un diseño eléctrico con los requerimientos y especificaciones en cumplimiento de la reglamentación y normatividad vigente en el entorno nacional RETIE, NTC2050, Operador de Red Local. Factibilidad de servicio número **xxxxxxxx.** Sera entregada una vez se tramite todos los tramites de licencia de construcción.



FORMATO DE SOLICITUD DE SERVICIO (E1)

enel

I. Datos del solicitante o de quien radica

1. Nombre o Razón Social
2. Tipo de Persona — Natural — Jurídica
3. Tipo de documento — Seleccione... — 4. Número de Documento
5. Dirección de quien radica
6. Municipio/Localidad — 7. Departamento
8. Celular — 9. Fijo
10. Correo electrónico
11. ¿Autoriza la notificación mediante correo electrónico? — Si — No
12. ¿El solicitante es el propietario del predio? — Si — No
13. Firma del Solicitante *

II. Datos del propietario (No diligenciar si es el mismo solicitante)

1. Nombre o Razón Social
2. Tipo de Persona — Natural — Jurídica
3. Tipo de documento — Seleccione... — 4. Número de Documento
5. Dirección de quien radica
6. Municipio/Localidad — 7. Departamento
8. Celular — 9. Fijo
10. Correo electrónico
11. ¿Autoriza la notificación mediante correo electrónico? — Si — No
12. ¿El solicitante es el propietario del predio? — Si — No
13. Firma del Solicitante *

Figura 2. Factibilidad de servicio.

a. Objeto del proyecto: Realizar diseños y memorias de cálculos componente eléctrico en Baja tensión.

b. Datos básicos: Analizando la dimensión de las cargas, se requiere la presentación de una subestación tipo Poste. Con un (1) trasformador aceite de 75kVA. El nivel de tensión de la red del OR es de 13.2Kv en el devanado primario y de 208V en el devanado secundario

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

2. DISEÑO

A. ANALISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS

En el sistema eléctrico del proyecto existen diferentes instalaciones eléctricas que pueden estar sujetas a factores de riesgo tales como arcos eléctricos, ausencia de electricidad, contactos directos, contactos indirectos, cortocircuito, electricidad estática, equipos defectuosos, rayos sobrecarga, tensiones de contacto y de paso.

Teniendo en cuenta las características del proyecto y el nivel de tensión, estos factores podrían representar una gravedad alta para las personas que se vean expuestas a estos factores, sin embargo, la frecuencia de que estos factores ocurran puede ser ocasional, de manera que al evaluar el riesgo se tiene:

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Arcos Electricos	Malos Contactos, cortocircuitos, manipulación indebida de equipos de medida, descuidos en los trabajos de mantenimiento.	Tablero General de Acometidas, Tableros de Distribución.

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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado dos (2) aspectos en bajo y dos (2) en medio podemos asumir que el riesgo de arco electrico es medio y por lo tanto se recomienda:

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

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Identificar las distancias de seguridad requeridas según el nivel de tensión

Figura 3. Evaluación de riesgo arco eléctrico.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Ausencia de Electricidad	Apagón o corte del servicio, no disponer un sistema ininterrumpido de potencia.	Tablero General de Acometidas, Tableros de Distribución.

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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado que todos los aspectos evaluados estan en bajo podemos determinar que el riesgo de ausencia de electricidad es bajo y por lo tanto se recomienda:

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

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Se tiene suplencia total para el sistema eléctrico

Figura 4. Evaluación de riesgo ausencia electricidad.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Contacto Directo	Violación de las distancias de seguridad, negligencia de técnicos	Tablero General de Acometidas, Tableros de Distribución.

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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en alto, uno en medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo de contacto directo es medio y por lo tanto se recomienda:

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

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Identificar las distancias de seguridad requeridas según el nivel de tensión
- Se dispusieron elementos de señalizacion y obstaculo en las partes activas o energizadas en tableros y transformadores
- Se realizo diseño del sistema de puesta a tierra

Figura 5. Evaluación de riesgo Contacto directo.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Contacto Indirecto	Fallas de aislamiento, mal mantenimiento	Tablero General de Acometidas, Tableros de Distribución.

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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto medio y tres en bajo podemos determinar que el riesgo de contacto indirecto es bajo y por lo tanto se recomienda:

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

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Identificar las distancias de seguridad requeridas según el nivel de tensión
- Se realizo un diseño equipotencial al sistema electrico
- Se realizo diseño del sistema de puesta a tierra

Figura 6. Evaluación de riesgo contacto indirecto.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Cortocircuito	Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, equipos defectuosos	Tablero General de Acometidas, Tableros de Distribución.

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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado dos aspectos en medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo por cortocircuito es medio y por lo tanto se recomienda:

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

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Se especificó la instalación de interruptores automáticos
- Se realizó la coordinación de protecciones del sistema eléctrico

Figura 7. Evaluación de riesgo Corto circuito.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Electricidad Estática	Unión y separación constante de materiales	Tablero General de Acometidas, Tableros de Distribución, equipos UPS, Tomas Interruptores, elementos metálicos

POTENCIAL ☒			REAL ☐			FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado todos los aspectos en nivel bajo podemos determinar que el riesgo por electricidad estatica es bajo y por lo tanto se recomienda:

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

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Se realizo un diseño equipotencial al sistema electrico
- Se realizo diseño del sistema de puesta a tierra

Figura 8. Evaluación de riesgo electricidad estática.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Equipo Defectuoso	Mal mantenimiento, mala utilización, mala instalación	Tableros de Distribución, Breakers, interruptores, tomas, luminarias

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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en nivel alto, dos en medio y uno en bajo podemos determinar que el riesgo por equipo defectuoso es medio y por lo tanto se recomienda:

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

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Recomendación de mantenimientos preventivos a los equipos instalados
- Seguir las normas tecnicas para la instalación y mantenimiento de los equipos

Figura 9. Evaluación de riesgo equipo defectuoso.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Rayos	Fallas en operación, mantenimiento del sistema de protección	Tablero General de Acometidas.

POTENCIAL REAL

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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado dos aspectos en nivel medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo por rayos es medio y por lo tanto se recomienda:

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

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- La instalación de DPS en la entrada de la red de M.T. y tableros principales y secundarios
- Se realizo un diseño equipotencial al sistema electrico
- Se realizo diseño del sistema de puesta a tierra

Figura 10. Evaluación de riesgo rayos.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Sobrecarga	Armonicos, superar los niveles de tension de los equipos, mala instalacion electrica	Tablero General de Acometidas, Tableros de Distribución.

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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en nivel medio y tres en bajo podemos determinar que el riesgo por sobrecarga es bajo y por lo tanto se recomienda:

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

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- La instalación de DPS en la entrada de la red de M.T. y tableros principales y secundarios
- Se especificó la instalación de interruptores automáticos
- Se realizó la coordinación de protecciones del sistema eléctrico

Figura 11. Evaluación de riesgo sobrecarga.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Tensión de contacto	Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad	Tablero General de Acometidas, Tableros de Distribución. Tomas

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 más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en nivel alto, uno en medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo por tension de contacto es medio y por lo tanto se recomienda:

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

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Se realizo un diseño equipotencial al sistema electrico
- Se realizo diseño del sistema de puesta a tierra

Figura 12. Evaluación de riesgo tensión de contacto.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Tensión de Paso	Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de areas restringidas	Tablero General de Acometidas,

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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en nivel alto, uno en medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo por tension de paso es medio y por lo tanto se recomienda:

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

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Se realizo un diseño equipotencial al sistema electrico
- Se realizo diseño del sistema de puesta a tierra
- Se construyo la subestación sobre un material de alta resistividad como el concreto

Figura 13. Evaluación de riesgo tensión de paso.

Considerando que hay un riesgo bajo se debe mencionar que existen medidas implementadas en el sistema eléctrico que contribuyen a reducir la presencia de los factores de riesgo ya mencionados tales como el sistema de puesta a tierra, protección contra sobretensiones y áreas técnicas aisladas que cumplen con las respectivas distancias de seguridad especificadas en la norma.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

B. ANALSIS DEL NIVEL DEL RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCION CONTRA RAYOS

El riesgo ante descargas atmosféricas se define como la probabilidad de una pérdida anual promedio en una estructura o un servicio (potencia, telecomunicaciones etc.) como consecuencia de una descarga atmosférica.

Los cálculos efectuados se basan en la norma técnica colombiana NTC 4552-2 y en la norma internacional IEC 62305-2, utilizando el software de evaluación de la IEC.

La evaluación del nivel de riesgo involucra un gran número de variables, factores, criterios y cálculos por lo cual es necesario utilizar una herramienta informática que permita el manejo eficiente de los datos. El presente estudio utiliza como soporte el software de la serie IEC 62305 1-2-3.

- **INFORMACIÓN DE ENTRADA**

La información de entrada del proyecto requerida para el cálculo del nivel de riesgo se presenta en la figura 1 y comprende los siguientes aspectos:

1. Dimensiones de la estructura: comprende las dimensiones de la estructura en estudio y de estructuras aledañas conectadas por acometidas de servicios.
2. Características de la estructura: comprende factores tales como el tipo de suelo en la estructura, el riesgo de fuego existente, las características del cableado etc.
3. Condiciones de uso de la estructura: comprende factores tales como el número de personas presentes en la estructura, el tiempo de exposición, el costo de las posibles pérdidas etc.
4. Influencia del medio ambiente: comprende factores como el nivel ceráunico de la zona (actividad atmosférica), la localización y entorno de la estructura etc.

5. Tipos de posibles pérdidas: factor que toma en cuenta las posibles consecuencias de una descarga atmosférica en o cerca de la estructura.
6. Las características de las acometidas de servicios: factor que toma en cuenta los efectos de las descargas atmosféricas sobre las acometidas eléctricas y de telecomunicaciones.
7. Nivel de protección existente o diseñado: finalmente se tiene en cuenta para la valoración del nivel de riesgo ante descargas atmosféricas, la presencia de sistemas de pararrayos, descargadores de sobre tensiones etc., en caso de existir.

Además de los factores anteriores también se tiene en cuenta como entrada para el análisis de riesgo las siguientes consideraciones:

- Si existe sistema de extinción de incendio manual o automático o no existe.
- El tipo de material de la construcción.
- Si existe sistema de ascensores.
- El tipo de materiales existentes dentro del edificio.
- Si el edificio tiene algún carácter histórico.

- **DIVISIÓN DE LA ESTRUCTURA EN ZONAS Zs**

El primer paso en la valoración del nivel de riesgo para una estructura consiste en la división de la misma en zonas o partes con características homogéneas ZS, la división de la estructura en partes permite una valoración más detallada y acertada de cada componente, evitando la sobreestimación en el cálculo y permitiendo una valoración más acertada de las medidas de protección para cada área de acuerdo con sus características propias.

1- Definir la estructura con una sola zona podría resultar en medidas de protección costosas porque cada medida debe extenderse a toda la estructura.

2- Dividir una estructura en zonas permite al diseño tener en cuenta las características particulares de cada parte de la estructura en la evaluación de los complementes de riesgo, al igual que seleccionar las medidas de protección apropiadas a cada zona, reduciendo el costo en conjunto de la protección contra descargas atmosféricas.

Para una estructura compuesta por varias zonas, se deberá calcular el nivel de riesgo para cada una de ellas y el nivel de riesgo total será la suma de los niveles de riesgo de todas las zonas.

Se asume que el edificio está conformado por 1 zona(s) por las siguientes consideraciones, ver figura 1:

- El tipo de superficie del suelo es homogéneo.

- Los tipos de posibles pérdidas son los mismos en todo el edificio.
- No existen compartimientos a prueba de fuego en ningún área.
- No existen escudos espaciales de protección (sistemas de apantallamiento).
- Los sistemas internos (potencia y telecomunicaciones) se encuentran localizados en el interior de la estructura.
- El riesgo en el exterior puede ser despreciado y el riesgo a ser calculado se considerará constante y localizado únicamente en el interior de la estructura.

- **DEFINICIONES GENERALES**

FUENTES DE DAÑOS

La corriente de rayo es la fuente primaria de daño. A continuación, se definen las fuentes con relación a la posición del punto de impacto de la descarga eléctrica para el presente caso (Tabla 3 NTC 4252-2).

Fuente de daño	Descripción
S1	Descargas sobre la estructura
S2	Descargas cercanas a la estructura
S3	Descargas sobre las acometidas de servicios
S4	Descaras cercanas a las acometidas de servicios

Tabla 2. Fuentes con relación a punto de impacto.

TIPOS DE DAÑOS

Una descarga atmosférica puede causar daños dependiendo de las características del objeto a proteger. Para efectos de aplicación práctica de evaluación de riesgo se distinguen los daños básicos listados a continuación (Tabla 4 NTC 4552-2).

Tipo de daño	Descripción
D1	Lesiones a seres vivos
D2	Daños físicos
D3	Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos
D4	Pérdidas de valor económico

Tabla 3. Tipo de daño según descripción.

TIPOS DE PERDIDAS

Cada tipo de daño, solo o en combinación con otros, puede producir una diferente perdida consecuente en el objeto a ser protegido. El tipo de perdida que puede aparecer depende de las características del objeto en sí mismo y su contenido. Los siguientes tipos de perdidas pueden ser tomados:

Tipo de pérdida	Descripción
L1	Pérdidas de vidas humanas
L2	Pérdidas de servicios públicos
L3	Perdidas de patrimonio cultural
L4	Pérdidas de valor económico (estructura y su contenido)

Tabla 4. Tipos de perdidas.

Las pérdidas se refieren a la cantidad media relativa de un particular tipo de daño causado por una descarga eléctrica, considerando tanto sus efectos directos como indirectos. Su valor depende del número de personas y el tiempo durante el cual permanecen en el lugar peligroso, el tipo e importancia de los servicios suministrados al público y el valor de los bienes afectados por los daños.

RIESGO

El riesgo es el valor promedio de pérdidas anuales y debe ser evaluado para los tipos de perdida asociados a la estructura. Los riesgos a evaluar en la estructura se definen a continuación:

Riesgo	Descripción
R1	Riesgo de pérdida de vida humana
R2	Riesgo de pérdida de servicio público
R3	Riesgo de pérdida de patrimonio cultural
R4	Riesgo de pérdida de valor económico

Tabla 5. Riesgos

Cada tipo de daño, solo o combinado con otros, puede producir diferentes tipos de perdida en el objeto a proteger.

PROBABILIDAD DE DAÑO PX

La evaluación de la probabilidad de daño se efectúa según los criterios, tablas y notas de los numerales 6.6.1 a 6.6.10 de la NTC 4552.

Las probabilidades de daños dependen de las medidas de protecciones existentes, por lo tanto, cuando no se cuenta con medidas de protecciones el valor de probabilidad Px será

igual a 1. Dependiendo de las medidas de protección empleadas, el valor de probabilidad adoptara valores inferiores a 1.

NÚMERO ANUAL N DE EVENTOS PELIGROSOS

El número anual N de descargas que afectan un objeto a ser protegido depende de la actividad atmosférica de la región donde se localiza la estructura y de sus características físicas. Generalmente se acepta que este número es el producto de la densidad de rayos a tierra por el área efectiva del elemento a ser protegido por un factor de corrección.
El cálculo del número anual de eventos peligrosos sigue la siguiente ecuación general:

$$N_X = DDT * A_X * C_X * 10^{-6}$$

En donde:

DDT = Densidad de rayos a tierra (rayos/Km2-año)
AX = Área efectiva de la estructura m2.
CX = Factor de corrección.

Los valore de AX y CX se valoran para cada Nx particular de acuerdo con los criterios, tablas y notas de los numerales 6.5.1 a 6.5.5 de la NTC 4552 – 2.

Cálculo de la DDT

La densidad de descargas a tierra (DDT) para Colombia se calcula de acuerdo a la Norma así:

$$DDT = 0.0017 NC^{1.56}$$

En donde el nivel ceráunico (NC), para VILLAPINZÓN - CUNDINAMARCA, se evalúa de acuerdo con las curvas de nivel del mapa colombiano de niveles ceráunicos, elaborado por el convenio entre la Universidad Nacional de Colombia e ISA.

De acuerdo con el mapa colombiano de niveles ceráunicos, el municipio de Villapinzón está ubicada aproximadamente en una curva de NC = 150

En la Figura A.10. de la NTC 4552-1, se presenta los valores de DDT en Colombia para áreas de (300x 300 km2), ver figura 17.

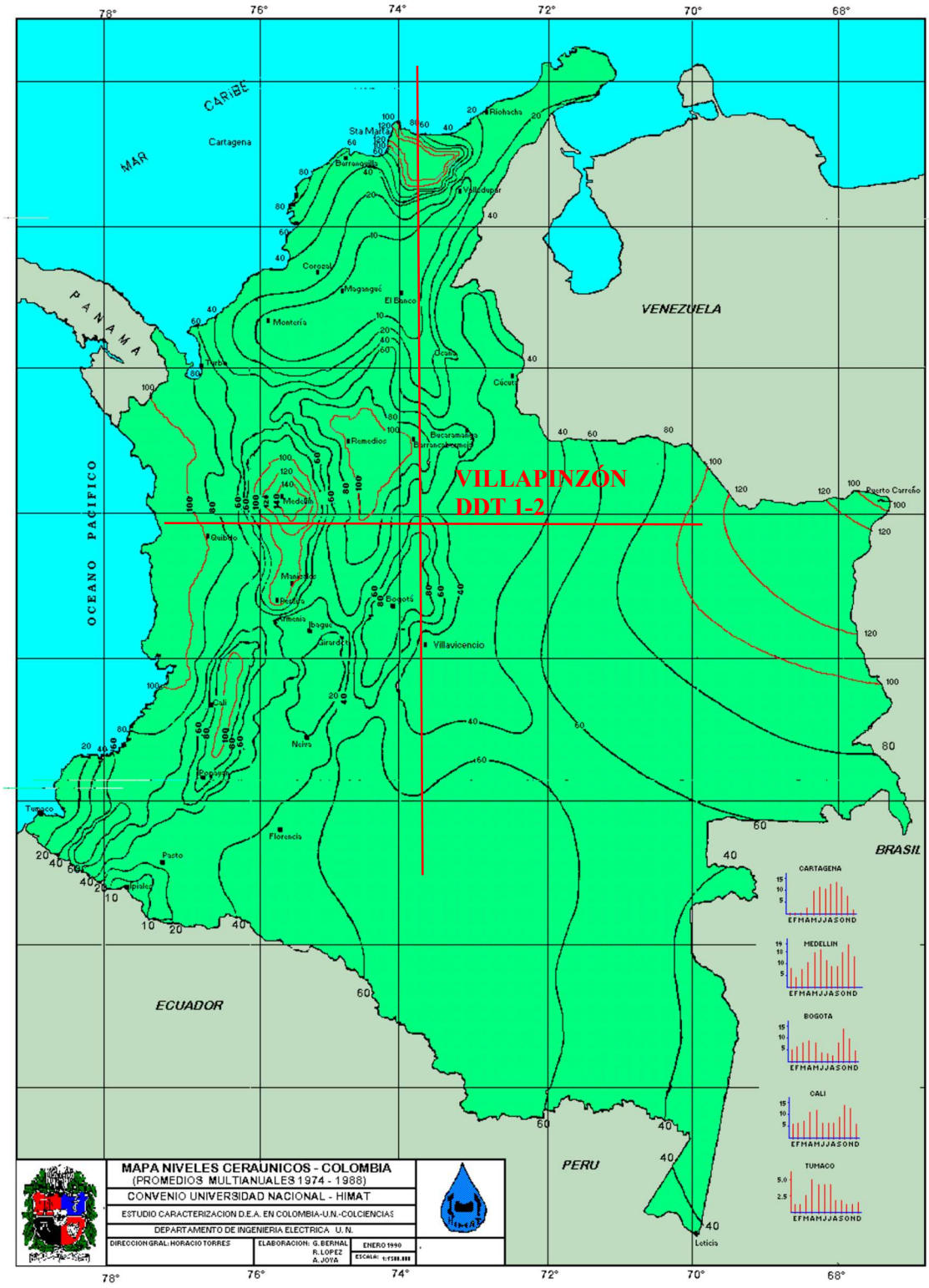


Figura 14. Valores DDT en Colombia.

Cálculo de áreas efectivas

El área efectiva de la estructura se define como la zona expuesta con probabilidad de impacto directo de descargas atmosféricas, comprende tanto la estructura en sí misma como la región circundante y en caso de existir acometidas de servicios, las áreas de exposición asociadas a tales acometidas.

El cálculo de las áreas efectivas debe hacerse de acuerdo con los numerales 6.5.1 a 6.5.5 de la NTC 4552-2.

- **PROCEDIMIENTO GENERAL DE CÁLCULO DE RIESGO**

La valoración general de la necesidad de protección se hace teniendo en cuenta el marco de la NTC 4552, de acuerdo con el primer tomo de dicha norma serán considerados los siguientes riesgos para valorar la necesidad de protección contra rayos de un objeto:

Riesgos R1 para una estructura
Riesgos R2 de pérdida de servicio público
Riesgos R3 de pérdida de patrimonio cultural
Riesgos R4 de pérdida de valor económico

Para el tipo de riesgo a analizar debe aplicarse el procedimiento descrito en la figura 2 (NTC 4552 – 2 Fig. 18).

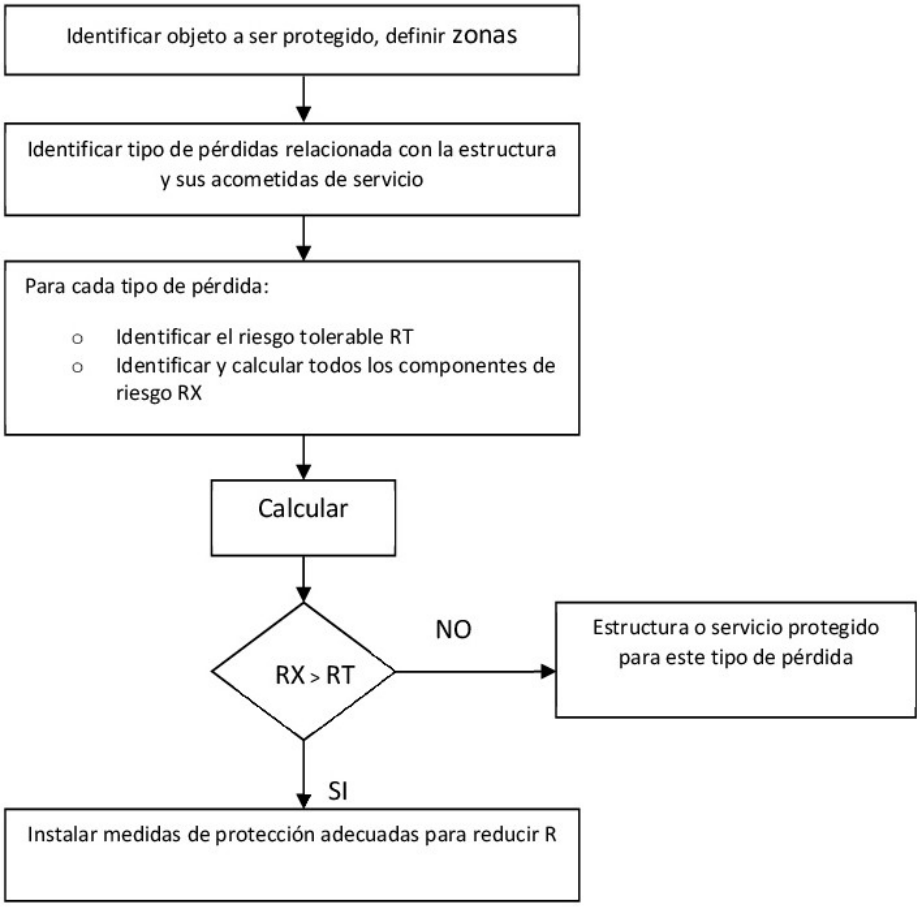


Figura 15. Diagrama identificación de riesgo.

- **IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES DE RIESGO**

Para cada tipo de perdida se definen a continuación las componentes de riesgo asociadas:

Fuente de daño	**Descargas sobre la estructura S1**			**Descargas cercanas a la estructura S2**	**Descargas sobre las acometidas de servicios S3**			**Descargas cercanas a las acometidas de servicios S4**
Componente de riesgo	RA	RB	RC	RM	RU	RV	RW	RZ
Riesgo para cada tipo de pérdida								
R1	X^{3}	X	X^{14}	X^{14}	X^{5}	X^{5}	X^{145}	X^{145}
R2		X	X^{4}	X^{4}		X^{5}	X^{45}	X^{45}
R3		X				X^{5}		
R4	X^{23}	X	X^{4}	X^{4}	X^{25}	X^{5}	X^{45}	X^{45}

Tabla 6. Componentes de riesgo.

1 únicamente para estructura con riesgo de explosión, y para hospitales u otras estructuras en donde la falla de sistemas internos ponga en peligro la vida humana.
2 únicamente para propiedades en donde pueda haber pérdida de animales.
3 únicamente se calcula para exteriores.
4 únicamente se calcula si existe equipo sensible.
5 se debe calcular para cada tipo de acometida de servicios (alimentación eléctrica y telecomunicaciones).

RA Componente relacionada con las lesiones a seres vivos causadas por tensiones de paso y contacto.
RB Componente relacionada con daños físicos causados por chispas peligrosas dentro de la estructura causando fuego o explosión.
RC Componente relacionada con la falla de sistemas internos causada por IER.
RM Componente relacionada con la falla de sistemas internos causada por IER.
RU Componente relacionada con lesiones en seres vivos causado por tensiones de contacto dentro de la estructura, debido a corrientes de rayo que fluyen a través de la acometida de servicios.
RV Componente relacionada con los daños físicos debido a corrientes de rayo transmitidas a través de la acometida de servicios.
RW Componente relacionada a falla de sistemas internos causados por sobre tensiones inducidas sobre las acometidas y transmitida a la estructura.
RZ Componente relacionada a fallas de sistemas internos causados por sobre tensiones inducidas sobre las líneas de acometida y transmitida a la estructura.

- **EVALUACIÓN DE LAS COMPONENTES DE RIESGO**

El cálculo de las componentes de riesgo se efectúa mediante la siguiente ecuación general:

$$\mathbf{R_X = N_X P_X L_X}$$

En donde:
NX = Número de eventos peligrosos
PX = Probabilidad de daño
LX = Perdida consecuente

Las fórmulas generales de cálculo para cada componente de riesgo se listan a continuación:

$RA = N_D * P_A * L_A$
$RB = N_D * P_B * L_B$
$RC = N_D * P_C * L_C$
$RM = N_M * P_M * L_M$
$RU = (N_L + N_{Da}) * P_U * L_U$
$RV = (N_L + N_{Da}) * P_V * L_V$
$RW = (N_L + N_{Da}) * P_W * L_W$

$RZ = (N_i-N_L)*P_Z*L_Z$
$R'B = N_D*P'_B*L'_B$
$R'C = N_D*P'_C*L'_C$
$R'V = (N_L+N_{Da})*P'_V*L'_V$
$R'W = (N_L+N_{Da})*P'_W*L'_W$
$R'Z = (N_i-N_L)*P'_Z*L'_Z$

El cálculo específico de cada NX, PX y LX para cada componente de riesgo se efectúa según los criterios, tablas y notas de los numerales 6.5.1 a 6.7.5.13 de la NTC 4552 -2. Ver figuras 3 y 4.

- **RIESGO TOLERABLE**

Los valores representativos de riesgo tolerable RT donde las descargas atmosféricas involucran perdida de vida humana y perdidas de valores sociales y culturales se muestran en la Tabla 7 de la NTC 4552-2 y se transcriben a continuación:

Tipo de perdida	**RT**
Pérdidas de vidas o lesiones permanentes	**10^{-5}**
Pérdida de servicio público	**10^{-3}**
Pérdida de patrimonio cultural	**10^{-3}**
Pérdida de valor económico	**10^{-3}**

Tabla 7. Tipo de perdida análisis de riesgo

ANÁLISIS DE RIESGOS CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS					
Datos del proyecto					
Nombre del proyecto		CENTRO CULTURAL VILLAPINZÓN		Coordenadas decimales de la planta longitud	5,215556
TAG de la estructura principal		UNIDAD DE GENERACIÓN Y SUBESTACIÓN		Coordenadas decimales de la planta latitud	-73,596389
TAG de la estructura adyacente		RH-231			
1. EVALUACIÓN DEL NÚMERO ANUAL N DE EVENTOS PELIGROSOS					
DDT	4,22	Densidad de Descargas a Tierra (rayos / km^2 - año)			
		0.0017*(Nc)^1.56	NTC 4552-2, Cap. 6.5. ó	Valor tomado de NTC-4552-1, página 37; Tabla A.6.	
ND	0,0484	Promedio anual de descargas sobre la estructura			
		DDT*Ad*Cd*10^-6	NTC 4552-2, Cap. 6.5.1.		
NDa	0,0141	Promedio anual de descargas sobre la estructura adyacente			
		DDT*Ad/a*Cd/a*Ct*10^-6	NTC 4552-2, Cap. 6.5.2.		
NM	0,8749	Promedio anual de descargas cercanas a la estructura			
		DDT*(Am - Ad/b*Cd/b)*10^-6	NTC 4552-2, Cap. 6.5.3.		
NL	0,0000	Promedio anual de descargas sobre las acometidas de servicios			
		DDT*Al*Cd*Ct*10^-6	NTC 4552-2, Cap. 6.5.4.		
Ni	0,000179	Promedio anual de descargas cercanas a las acometidas de servicios			
		DDT*Ai*Ce*Ct*10^-6	NTC 4552-2, Cap. 6.5.5.		
	Nc	150	Nivel Ceráunico (# de dias tormentosos al año)		
			NTC 4552-1, página 35, Figura A.9.		
◉ Auto ○ Manual	Ad	11461,73	600	Área efectiva para descargas directas en la estructura principal aislada [m2].	
				Ad = L * W + 6 * H* (L+W) + 9 * π * (H)^2	NTC 4552-2 página 27 ó Área calculada en AUTOCAD
◉ Auto ○ Manual	Ad/a	16668,88	600	Area efectiva para descargas directas en la estructura adyacente aislada [m2] (conectada por acometida)	
				Ad/a = Lda * Wda + 6 * Hda * (Lda + Wda) + 9 * π * (H	NTC 4552-2 página 28 y 29 ó Área calculada en AUTOCAD
◉ Auto ○ Manual	Am	218849,54	600	Área de influencia de la estructura [m2] (Area de influencia para descargas cercanas a la estructura.)	
				Calculada en AUTOCAD para estructuras complejas	NTC 4552-2, Página 29 (Figura 9)

L	30	Longitud de la estructura principal bajo estudio (m)
		NTC 4552-2 página 27
W	20	Ancho de la estructura principal bajo estudio (m)
		NTC 4552-2 página 27
H	15	Alto de la estructura principal bajo estudio (m)
		NTC 4552-2 página 27
Lda	12	Longitud de la estructura adyacente (m)
		NTC 4552-2 página 27 y 28
Wda	5	Ancho de la estructura adyacente (m)
		NTC 4552-2 página 27 y 28
Hda	22,5	Alto de la estructura adyacente (m)
		NTC 4552-2 página 27 y 28
Lc	30	Longitud de la sección de la acometida de servicio, de la estructura bajo estudio hasta la estructura adyacente (m)
		NTC 4552-2 página 30

5. RESULTADOS				
5.1. Resultados Evaluación de Riesgos Asociados con la Estructura				
Riesgo Sigla	**Riesgos a evaluar** NTC 4552-2 Cap. 4.2. Pág. 11	**RT Valores típicos del Riesgo Tolerable** Máximo valor permitido del riesgo NTC 4552-2 Cap. 5.4. Pág. 16. Tabla 7	**Valores del Riesgo calculado** Riesgo calculado según la Norma NTC 4552 - 2	**Evaluación** Riesgo Aceptable / No Aceptable
R1	Riesgo de pérdida de vida humana	1,00E-04	1,91E-05	Aceptable
R2	Riesgo de pérdida de servicio público	1,00E-03	2,25E-04	Aceptable
5.2. Resultados Evaluación de Riesgos Asociados con la Acometida de Servicio				
Riesgo Sigla	**Riesgos a evaluar** NTC 4552-2 Cap. 4.2. Pág. 11	**RT Valores típicos del Riesgo Tolerable** Máximo valor permitido del riesgo NTC 4552-2 Cap. 5.4. Pág. 16. Tabla 7	**Valores del Riesgo calculado** Riesgo calculado según la Norma NTC 4552 - 2	**Evaluación** Riesgo Aceptable / No Aceptable
R'2	Riesgo de pérdida de servicio público	1,00E-03	1,27E-04	Aceptable

Tabla 8. Resultado de análisis de riesgos contra descargas atmosféricas.

- **CONCLUSIONES DEL ANALISIS DE RIESGO POR RAYOS**

Los resultados del estudio de riesgo ante descargas atmosféricas se resumen en las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1- Se evaluó el nivel de riesgo ante descargas atmosféricas, que conforma las estructuras más significativas del predio, aplicando la metodología de la NTC 4552-2 y empleando como herramienta de cálculo el programa de la IEC 62305.
2- De acuerdo con los resultados del estudio de riesgo **SI** se requiere la implementación de un sistema de protección externo contra rayos (pararrayos).
3- De acuerdo con los resultados del estudio de riesgo **SI** se requiere la implementación de un sistema de DPS. Se recomienda instalar DPS en los tableros principales del proyecto
4- Para la selección del nivel de protección se toma de referencia la norma NTC 4552-3 y como se presenta en el análisis del software, se selecciona **Nivel IV**
5- Dado que el nivel de protección requerido para el proyecto es **nivel IV**, el radio de la esfera rodante es de **55 metros** de acuerdo a la tabla 2 de la NTC 4552-3, para el diseño del sistema de protección externa por el método electro geométrico o esfera rodante.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

C. ANALISIS Y CUADROS DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO ANALISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ARMONICOS

De acuerdo con lo establecido en RETIE artículo 10.1, se debe efectuar el análisis de las cargas presentes y futuras del proyecto, en el cual se deben tener en consideración los efectos del factor de potencia y de los armónicos.

- **Análisis de Armónicos.**

Para el análisis de armónicos se toma como referencia la norma técnica NTC 5001, en la cual se da la metodología para la evaluación de los armónicos de tensión y corriente. Esta evaluación se debe realizar durante un periodo de una semana y se debe hacer medidas en el punto de conexión común (PCC) de la instalación. Esto implica que la evaluación de armónicos se hace sobre instalaciones existentes.
Dado que esta instalación es nueva este análisis no abarca más allá de establecer y citar los límites de referencia que deberá cumplir la instalación de acuerdo con las metodologías de evaluación presentadas en la Norma NTC 5001, tomando como un valor máximo de porcentaje de THD del 15% para diseño, dado que no se proyectan cargas de un alto contenido de armónicos (variadores de velocidad, rectificadores, equipos de soldadura, hornos de arco, etc.).

- **Cuadro de cargas iniciales**

El proyecto contara con un transformador de 13200 V – 208V. A continuación, se describe las cargas a un nivel de tensión de 208V

A continuación, se describe las cargas a un nivel de tensión de 208V

Tablero General de Acometidas
TGA -TT

DETALLE EQUIPOS / CARGAS	C/U	F.P.	CARGA INSTALADA (kW)	CARGA INSTALADA (kVA)	FACTOR DEMANDA	CARGA DIV. (kVA)
TAB BOMBAS	*1*	*0,9*	*16,23*	*18,03*	*100%*	*18,03*
TAB - 1	*1*	*0,9*	*33,38*	*37,09*	*100%*	*37,09*
TAB - 2	*1*	*0,9*	*11,68*	*12,98*	*100%*	*12,98*
TAB - 3	*1*	*0,9*	*15,99*	*17,77*	*100%*	*17,77*
TOTAL		*0,9*	*49,61*	*55,12*	*100%*	*55,12*

Tabla 9. Cuadro de cargas 208V TGA-TT

Tablero General de Distribución - TAB 1

DETALLE EQUIPOS / CARGAS	C/U	F.P.	CARGA INSTALADA (kW)	CARGA INSTALADA (kVA)	FACTOR DEMANDA	CARGA DIV. (kVA)
TZC 1	*1*	*0,9*	*18,00*	*20,00*	*90%*	*18,00*
TAB TEATRO	*1*	*0,9*	*11,92*	*13,24*	*90%*	*6,06*
TAB AUD	*1*	*0,9*	*10,62*	*11,80*	*90%*	*10,62*
TAB CAF-BIB	*1*	*0,9*	*5,24*	*5,82*	*90%*	*5,24*
TAB SALONES 1	*1*	*0,9*	*14,69*	*16,32*	*90%*	*14,69*
TAB SALONES 2	*1*	*0,9*	*9,58*	*10,64*	*90%*	*9,58*
TOTAL		***0,9***	***70,04***	***77,82***	***100%***	***64,18***

DIVERSIFICACIÓN SEGÚN TABLA 220.13 NTC 2050		
POTENCIA TOTAL INSTALADA	64,18	kVA
PRIMEROS 10 kVA AL 100%	10	kVA
RESTANTES AL 50%	27,092	kVA
TOTAL POTENCIA DIVERSIFICADA	**37,09**	**kVA**

Tabla 10. cuadro de cargas TAB 1 208v

Tablero General de Distribución - TAB 2

No. Circuito	Descripción Circuito Ramal	Cantidad	Carga en [VA]
1	Circuito toma normal	7	1.260
3	Circuito toma normal	7	1.260
5	Circuito toma normal	8	1.440
2	Circuito toma normal	7	1.260
4	Circuito toma normal	6	1.080
6	Circuito toma normal	3	1.200
7	Circuito iluminación	15	480
9	Circuito iluminación	15	480
11	Reserva no equipada		
8	TAB 2-2	1	7.500
10			

12			
	Reserva no equipada	69	

15.960

DIVERSIFICACIÓN SEGÚN TABLA 220.13 NTC 2050		
POTENCIA TOTAL INSTALADA	15,96	kVA
PRIMEROS 10 kVA AL 100%	10	kVA
RESTANTES AL 50%	2,98	kVA
TOTAL POTENCIA DIVERSIFICADA	**12,98**	**kVA**

Tabla 91. cuadro de cargas TAB 2 208v

No. Circuito	Descripción Circuito Ramal	Cantidad	Carga en [VA]
1	Circuito toma normal	5	900
3	Circuito toma normal	5	900
5	Circuito toma normal	4	720
2	Circuito toma normal	5	900
4	Circuito toma normal	4	720
6	Circuito toma normal	4	720
7	Circuito toma normal	5	900
9	Circuito toma normal	4	720
11	Circuito toma normal	5	900
8	Circuito toma normal	5	900
10	Circuito toma normal	4	720
12	Circuito toma normal	5	900
13	Circuito toma normal	5	900
15	Circuito toma normal	4	720
17	Circuito toma normal	4	720
14	Circuito toma normal	5	900
16	Circuito toma normal	4	720

18	Circuito toma normal	4	720
19	Circuito iluminación	10	320
21	Circuito toma normal	5	900
23	Circuito iluminación	10	320
20	Circuito toma normal	6	1.080
22	Circuito toma normal	7	1.260
24	Circuito iluminación	10	320
25	TAB 3-2	1	6.760
27			
29			
26	Reserva no equipada		
28	Reserva no equipada		
30	Reserva no equipada		
	Reserva no equipada	130	
			25.540

DIVERSIFICACIÓN SEGÚN TABLA 220.13 NTC 2050		
POTENCIA TOTAL INSTALADA	25,54	kVA
PRIMEROS 10 kVA AL 100%	10	kVA
RESTANTES AL 50%	7,77	kVA
TOTAL POTENCIA DIVERSIFICADA	**17,77**	**kVA**

Tabla 102. cuadro de cargas TAB 3 208v

Tablero General de Distribución - TAB Bombas

DETALLE EQUIPOS / CARGAS	C/U	F.P.	CARGA INSTALADA (kW)	CARGA INSTALADA (kVA)	FACTOR DEMANDA	CARGA DIV. (kVA)
T suministro	*1*	*0,9*	*18,00*	*20,00*	*100%*	*20,00*
T eyector	*1*	*0,9*	*9,00*	*10,00*	*100%*	*6,06*
TOTAL		***0,9***	***27,00***	***30,00***	***100%***	***26,06***

DIVERSIFICACIÓN SEGÚN TABLA 220.13 NTC 2050		
POTENCIA TOTAL INSTALADA	26,06	kVA
PRIMEROS 10 kVA AL 100%	10	kVA
RESTANTES AL 50%	8,0306	kVA

TOTAL POTENCIA DIVERSIFICADA	18,03	kVA

Tabla 113. cuadro de cargas TAB Bombas 208v

- **Análisis de factor de potencia**

El factor de potencia presenta en una instalación con alta presencia de reactivos tales como inductancias debidas a motores e iluminación.

A continuación, se presenta el análisis de Factor de potencia para la instalación proyectada.

Potencia Aparente: 75 KVA
Potencia Activa: 72.88KW
Factor de potencia 0.91
Potencia Reactiva: 17.69KVAr

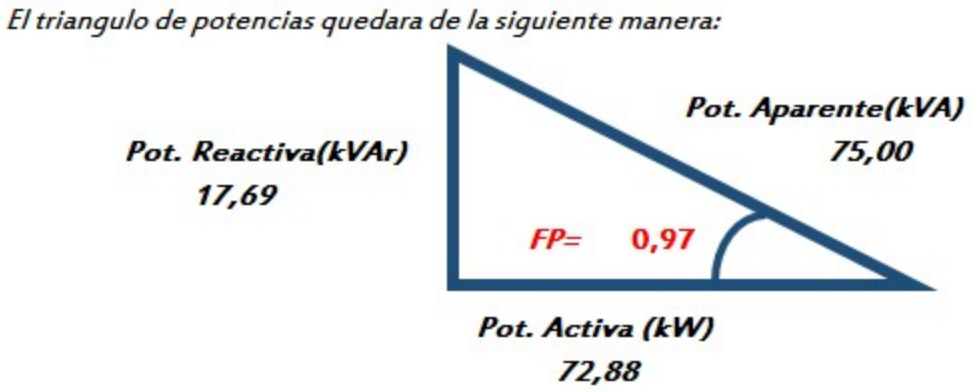


Figura 16. Triangulo de potencias.

Debido al consumo de reactivos en la instalación, no es necesario corregir dicho consumo reactivo, ya que el FP de potencia está en 0.9 y el consumo es despreciable, por lo que no se requiere la instalación de bancos de condensadores.

Es recomendable que una vez entre en funcionamiento ye proyecto se realice una medida de calidad de potencia, donde se pueda determinar de manera certera la necesidad de instalar un sistema de compensación reactiva.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

D. ANALISIS DE COORDINACION DE AISLAMIENTO ELECTRICO

La coordinación de aislamiento es la selección de la tensión mínima normalizada que debe soportar los equipos teniendo en cuenta las sobretensiones que pueden aparecer, así como los medios de protección que se pueden instalar y las condiciones ambientales de la zona, para obtener un riesgo de fallo aceptable.

La norma IEC 60071-1, tiene valores normalizados de aislamiento de acuerdo con el nivel de tensión, que se presenta en la siguiente tabla.

Tensión Máxima del Equipo U_m [kV] (valor eficaz)	Tensión de soportabilidad normalizada de corta duración a la frecuencia industrial [kV] (valor eficaz)	Tensión de soportabilidad normalizada al impulso tipo rayo [kV] (valor pico)
3,6	10	20
		40
7,2	20	40
		60
12	28	60
		75
		95
17,5 [a]	38	75
		95
24	50	95
		125
		145
36	70	145
		170
52 [a]	95	250
72,5	140	325
100 [b]	(150)	(380)
	185	450
123	(185)	(450)
	230	550
145	(185)	(450)
	230	550
	275	650
170 [a]	(230)	(550)
	275	650
	325	750
245	(275)	(650)
	(325)	(750)
	360	850
	395	950
	460	1050

Nota: Si los valores entre paréntesis se consideran insuficientes para probar que se cumplen las tensiones de soportabilidad fase-fase, se requieren pruebas adicionales de tensión de soportabilidad fase-fase

a Estos U_m son valores no preferidos en la IEC 60038, y por lo tanto, no se dan con frecuencia estas combinaciones estandarizadas

b Este U_m no se menciona en la IEC 60038 pero se ha introducido en el rango I en algunos estándares de equipos

Tabla 124. Valores normalizados de aislamiento.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	

Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

E. ANALISIS DE CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA

El estudio de cortocircuito busca revisar la seguridad ante fallas del sistema por la puesta en servicio del Proyecto, para lo cual se utiliza un programa de ingeniería y la metodología para el cálculo de cortocircuito recomendada por la Norma IEC 60909, según la cual los resultados entregados corresponden a corrientes subtransitorias simétricas en Amperios r.m.s. Los cálculos de cortocircuito se efectúan bajo condiciones normales de operación. Con las simulaciones de cortocircuito, se predice el comportamiento transitorio más severo para la red y la soportabilidad requerida por el equipo de interrupción en cada uno de los nodos más relevantes del Proyecto, para cada uno de los casos de estudio.
El cálculo de cortocircuito se efectúa para los siguientes tipos falla en cada una de las barras de interés:

– Falla trifásica con impedancia de falla nula (Zf = 0).
– Falla monofásica a tierra, con impedancia de falla nula (Zf = 0).

Además, en cuanto a la condición operativa del sistema, se tiene la configuración establecida y suministrada según la topología descrita en el modelo elaborado en el software de ingeniería.

según Factibilidad de servicio número **XXXXXXXXXX**
Nivel de cortocircuito trifásico 4.04 KA
Nivel de cortocircuito monofásico 0.90 KA

A continuación, se muestra los niveles de cortocircuitos y falla a tierra para el sistema eléctrico del proyecto.

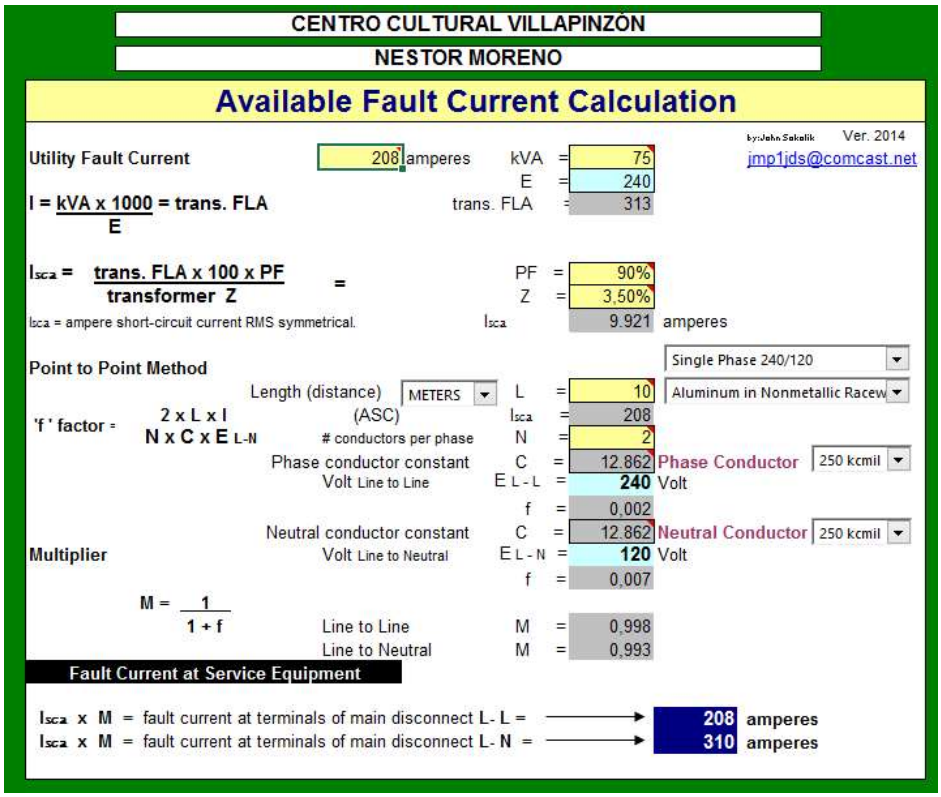


Figura 17. Simulaciones corrientes de falla.

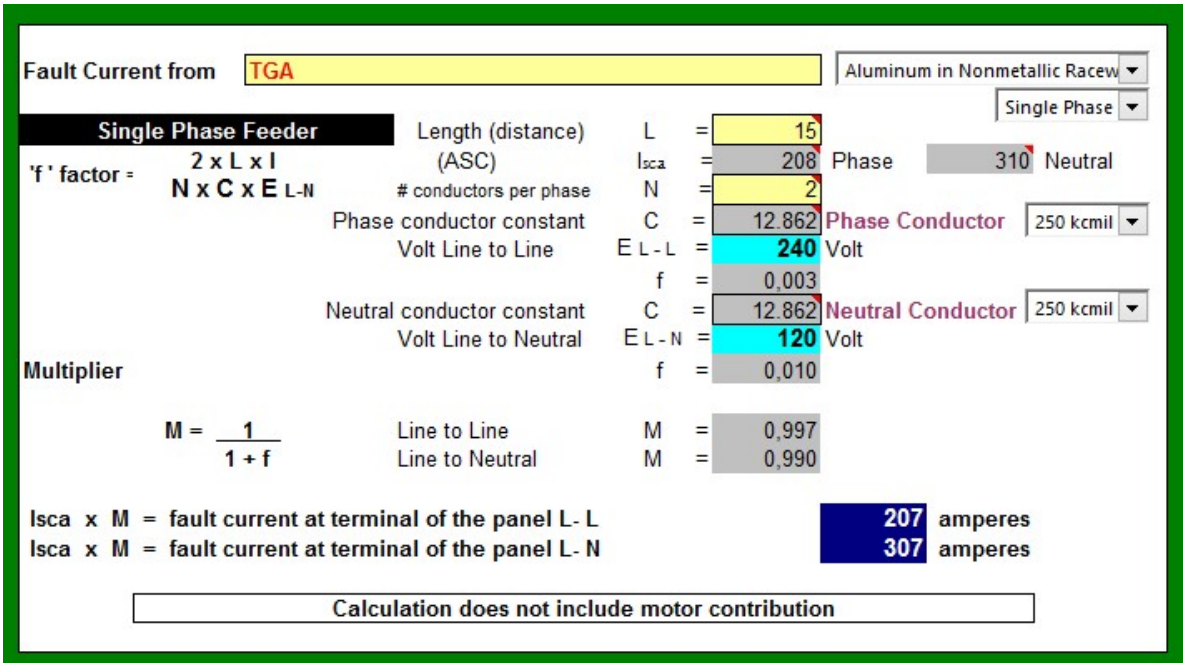


Figura 18. Simulación corriente de falla TGA TT

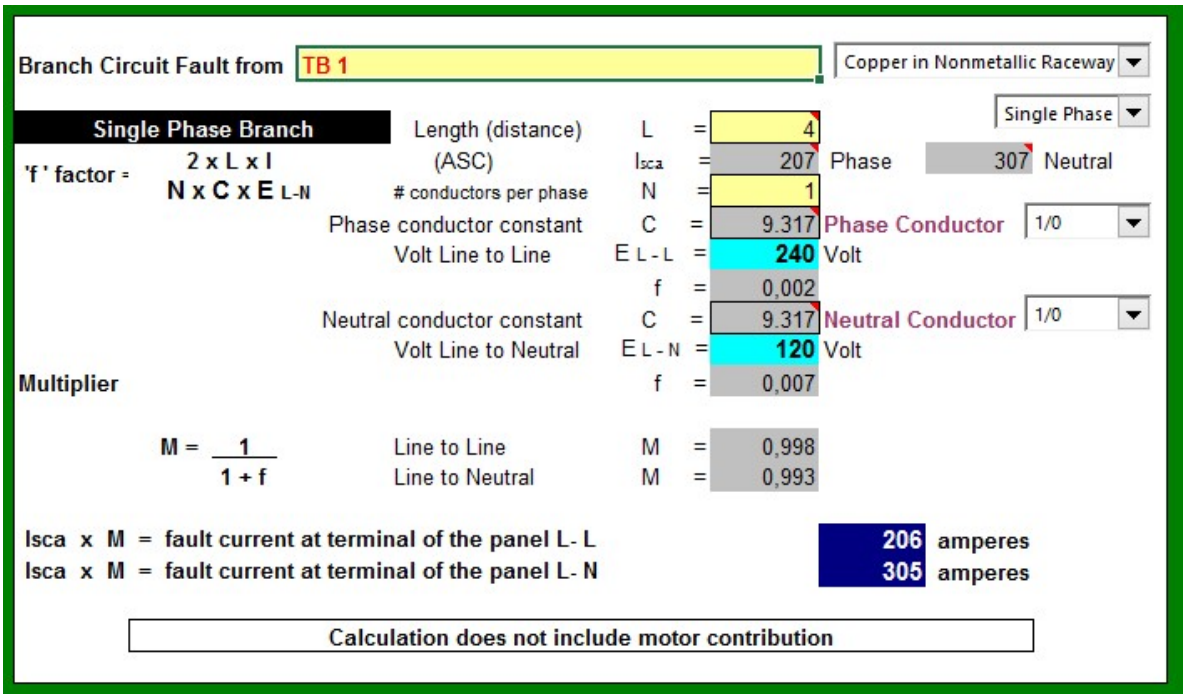


Figura 19. Simulación corriente de falla TAB 1

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

F. ANALISIS DEL NIVEL DE TENSION REQUERIDO

Para el proyecto los niveles de tensión suministrados y manejados dentro del mismo se encuentran avalados por la normatividad.

Nivel de tensión (V)	Clasificación RETIE
13200	Media tensión (MT)
208-120	Baja tensión (BT)

Tabla 13. Nivel de tensión del proyecto.

Límites de regulación de tensión en los circuitos,

Regulación máxima permitida (Cto Urbano): Baja tensión: 3% - 5%.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

G. CALCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS

El artículo 14 del RETIE establece los valores de intensidad de campo eléctrico máxima y la densidad de flujo magnético máximo a baja frecuencia, para las zonas donde puedan permanecer personas con independencia del tiempo de permanencia, los cuales se basan en los criterios de la OMS y la Institución Internacional para la Protección de la Población y el Medio Ambiente, Frente a las Radiaciones no Ionizantes, ICNIRP (revisión 2009).

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

Las personas que debido a sus actividades están expuestas a campos electromagnéticos o el público en general, no deben ser sometidos a campos cuyos valores superen lo establecido en la tabla 14.1 del RETIE:

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: La población expuesta ocupacionalmente consiste de adultos que generalmente están expuestos a campos electromagnéticos bajo condiciones conocidas y que son entrenados para estar conscientes del riesgo potencial y para tomar las protecciones adecuadas. En contraste, el público en general comprende individuos de todas las edades y de estados de salud variables, y puede incluir grupos o individuos particularmente susceptibles. En muchos casos no están conscientes de sus exposición a los CEM."

Figura 20. Valores límites de exposición a campos electromagnéticos.

- **CALCULO DE CAMPO MAGNETICO**

Para el cálculo de la densidad del flujo magnético en los conductores transportadores de corriente se aplica la siguiente formula:

$$B = \frac{\mu_0 \ I}{2\pi \ R}$$

donde **I** es la corriente que circula por el conductor, constante **μo** se denomina permeabilidad magnética del vacío ($1.26x10^{-6}$ [Tm/A]) y **R** es la distancia del conductor al punto en que se mide el campo

Corriente nominal del conductor más crítico es 1110 (A) y la distancia de seguridad que brinda el cuarto técnico es de 1.5m.

La densidad de flujo magnético calculada es de 149 μT, por lo que se encuentra dentro los valores tolerables para la exposición a público general y a trabajadores dentro de un periodo de trabajo de 8 horas diarias.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

H. CALCULOS DE TRANSFORMADORES

El transformador se calcula de acuerdo con el cuadro de cargas de la tabla

TRANSFORMADOR ESCOGIDO. 75,0 KVA

Características del Transformador seleccionado

Tipo de transformador	75,0 kVA
Tipo de transformador	TRIFÁSICO - ACEITE
Tensión Nominal Primario	13200 V
Tensión Nominal Secundario	208-120 V

Corriente Nominal Primario	3,3 A
Corriente Nominal Secundario	208 A
Impedancia corto Uz NTC819 o NTC3445	5,0 %
Corriente corto circuito en MT	65,7 A
Corriente corto circuito en BT	4,2 kA

Tabla 16. Características del transformador seleccionado.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

I. CALCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Teniendo en cuenta las características del proyecto, el sistema de puesta a tierra cumple en este caso las funciones básicas de seguridad para personas y equipos ante fallas a tierra, garantizar la correcta operación de las protecciones (interruptores automáticos, DPS's), absorber la posible acumulación de carga electrostática en la estructura metálica y servir de referencia a los equipos electrónicos.

El diseño de una malla a tierra está afectado por las siguientes variables:

o Corriente de cortocircuito calculada para el punto de diseño
o Tiempo máximo de despeje de la falla
o Resistividad del terreno
o Resistividad de la capa superficial de la malla de tierra
o Profundidad de instalación de la malla
o Configuración de la malla
o Conductor de la malla
o Tensión Permisible de Paso
o Tensión Permisible de contacto

El presente informe contiene las memorias de cálculo del Sistema de Puesta a Tierra para el proyecto en referencia, aplicando las metodologías de cálculo establecidas en el estándar IEEE 80 - 2000.

INFORME DE MEDIDA DE RESISTIVIDAD DE TERRENO

La resistividad es una propiedad física caracteriza la capacidad de un material para conducir energía eléctrica, por lo tanto, en el caso del suelo, es un indicador de la capacidad de este para conducir y disipar la energía en desequilibrio proveniente de un sistema eléctrico (falla a tierra, sobre tensión atmosférica o de maniobra, carga electrostática).

Por el motivo anterior la resistividad del terreno es uno de los parámetros fundamentales en el cálculo y diseño de sistemas de puesta a tierra; un diseño bien elaborado debe partir por lo tanto de la medición del valor de resistividad o en su defecto de datos provenientes de estudios efectuados con anterioridad.

A continuación, se describe la medición de resistividad en el terreno donde se ejecutará el proyecto, tomado mediciones en dos direcciones, norte-sur y oriente-occidente, realizando cuatro mediciones en intervalos de longitud de un metro.

El día 26 de abril de 2025 se realiza la medición de la resistividad del terreno con el equipo AEMC 4630

- La imagen mostrada representa la evidencia de la realización de la medición con el equipo AEMC 4630.



Figura 21. Mediciones de resistividad de terreno.

- **Resultados Obtenidos**

  En la medida realizada se evidencia el valor de la resistividad de puesta a tierra obtenida en la medición.

Subestacion Electrical Principal			
Separación (A) m	Profundidad de explor. (H) - m	Resistencia Telurómetro (Ω)	Resistividad Promedio (Ω -m)
1	0,75	4,10	29,32
2	1,50	0,36	4,70
3	2,25	0,18	3,45
4	3,00	0,12	3,05
5	3,75	0,08	2,53
			8,61

Tabla 18. Resultados de resistividad del terreno.

SPT Ingeniería Ltda.
Instalaciones Eléctricas y Sistemas de Puesta a Tierra

IEEE 80 TOOL

ESTA ES UNA HERRAMIENTA DESARROLLADA POR SPT INGENIERIA LTDA PARA EL DISEÑO DE MALLAS CUADRADAS Y RECTANGULARES DE PUESTA A TIERRA SEGÚN LA METODOLOGÍA

OASIS FLORALIFE COLOMBIA

Peso de la Persona		50 kg
Resistividad del Terreno	ρ	8,61 Ω.m
Resistividad de la Capa Superficial	ρ_s	3000 Ω.m
Espesor de la Capa Superficial	h_s	0,25 m
Profundidad de la Malla	h	0,2 m
Tiempo de Despeje de Falla en el Primario	t_{cp}	0,15 s
Tiempo de Despeje de Falla en el Secundario	t_{cs}	0,15 s
Corriente de Falla Monofasica en el Lado Primario	I_h	0,40 kA
Corriente de Falla Monofasica en el Lado Secundario	I_l	17,5 kA
Material del Conductor de la Malla de Puesta a Tierra	Cu Conductividad (97%)	Comercial
Numero de Varillas	n_R	4
Longitud de las Varillas	L_r	2,44 m
Diametro de las Varillas	b	5/8 in
Ancho de la Malla	L_x	5 m
Largo de la Malla	L_y	5 m
Numero de divisiones paralelas al eje X		4
Numero de divisiones paralelas al eje Y		4
Distancia entre conductores paralelos al eje Y		1,3 m
Distancia entre conductores paralelos al eje X		1,3 m
Ubicación de las Varillas	Malla con varillas ubicadas en el perimetro o en las esquinas	

Maxima Tension de Paso Permitida	$E_{step\ max}$	4871 V
Maxima Tension de Contacto Permitida	$E_{touch\ max}$	1442 V
Area del Conductor de la Malla de Puesta a Tierra	**A**	47,9 kcmil 24,2 mm^2
Diametro Mínimo del Conductor de la Malla de Puesta a Tie	**d**	5,6 mm
Diametro del Conductor de la Malla de Puesta a Tierra Utiliz	**d**	9,3 mm
Resistencia de Puesta a Tierra*	R_g	0,78 Ω
Maxima Tension de Malla en Circuito Abierto	E_{mesh}	35 V
Maxima Tension de Paso en Circuito Abierto	E_{step}	128 V
Maxima Tension de Malla aplicada a una persona	$E_{mesh\ RETIE}$	7 V
Maxima Tension de Paso aplicada a una persona	$E_{step\ RETIE}$	8 V
Potencial Transferido	**GPR**	309 V

DISEÑO CUMPLE

* Este valor de Resistencia de Puesta a Tierra esta calculado utilizando las ecuaciones de Schwarz decritas en el numeral 14.3 de la norma IEEE 80-2000

Figura 22. Procedimiento de cálculo de malla de puesta a tierra.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

J. CALCULO ECONOMICO DE LOS CONDUCTORES

Para el cálculo económico, se tendrá en cuenta las perdidas obtenidas en el numeral 6,3 y las tarifas de energía eléctrica reguladas por la CREG.

SECTOR NO RESIDENCIAL								
			NIVEL 1 PROPIEDAD DE CODENSA ($/kWh)	NIVEL 1 PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) ($/kWh)	NIVEL 1 PROPIEDAD COMPARTIDA (*) ($/kWh)	NIVEL 2 (11,4 y 13,2 kV) ($/kWh)	NIVEL 3 (34,5 kV) ($/kWh)	NIVEL 4 (115 kV) ($/kWh)
OFICIAL E INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	SENCILLA	Monomia	453,7206	418,5370	436,1288	363,2055	336,5219	288,5545
	OPCIONES HORARIAS (**)	Punta	461,6147	426,4311	444,0229	370,0675	339,6079	289,2696
		Fuera de Punta	451,0689	415,8853	433,4771	360,9756	329,9014	286,6213

Tabla 14. Tarifas de energía eléctrica.

Para el cálculo económico de las pérdidas técnicas se proyectará a 15 años utilizando la siguiente ecuación. Donde:

- C_PlossT= Costo total de perdidas proyectado a 15 años.
- CE[kWh]= Costo de energía eléctrica según tablas de la CREG del 2016.
- Ploss[kW]= perdías técnicas de los conductores
- Tf[h]= horas de funcionamiento del equipo al día

$$C_Ploss_{\ T} = CE_{[kWh]} \times Ploss_{[kW]} \times Tf_{[h]} \times 365_{(Dias\ al\ año)]} \times 15_{(Años)}$$

- **Cálculo económico conductor en MT.**

3.1.1 CALCULO DE PERDIDAS Y COSTES DE ENERGÍA EN MT (mm2 - AL)								
Tramo Desde	Hasta	Calibre Acometida	Perdidas Tramo I^2*R [W]	Costo del [$/kW*h] por CREG	Costo perdidas mes [$]	Costo perdidas a 15 años [CP] [$]	Costo del conductor [CC] ($)	Costo total [CT=CP+CC] ($)
trafo	TR 75KVA	13,2-2/0 ACSR	0,42	523,3	159	28.636	440.087	468.723
COSTOS TOTALES					**$ 159,09**	**$ 28.636,03**	**$ 440.086,50**	**$ 468.722,53**

Tabla 15. Calculo económico de conductores MT.

- **Cálculo económico conductor en BT Nivel 208V**

Cálculo económico

Tramo Desde	Hasta	Carga (KVA)	Distancia (m)	Calibre Acometida	Conductores x Fase	Perdidas Tramo I^2*R [W]	Costo del [$/kW*h] por CREG	Costo perdidas mes [$]	Costo perdidas a 15 años [CP] [$]	Costo del conductor [CC] ($)	Costo total [CT=CP+CC] ($)
TRAFO 75KVA	AE319 SC	75,00	10	350 CU	1	144,42	523,27	54.411	9.794.044	1.980.000	11.774.044
TRAFO 75KVA	AE319 RCI	15,00	10	6 CU	1	77,03	523,27	29.022	5.223.961	156.000	5.379.961
AE319 SC	TGA TT	75,00	6	350 CU	1	86,65	523,27	32.647	5.876.427	1.188.000	7.064.427
TGA TT	ENERADOR 75 KV	15,00	30	6 CU	1	5777,38	523,27	2.176.650	391.797.044	468.000	392.265.044
AE319 RCI	TT RCI	15,00	30	6 CU	1	231,10	523,27	87.066	15.671.882	468.000	16.139.882
TT RCI	ENERADOR 75 KV	75,00	30	350 CU	1	17,33	523,27	6.529	1.175.285	5.940.000	7.115.285
TGA TT	TAB BOMBAS	18,03	30	6 CU	1	333,89	523,27	125.793	22.642.797	468.000	23.110.797
TGA TT	TAB 1	37,09	15	1/0 CU	1	175,71	523,27	66.198	11.915.688	900.000	12.815.688
TGA TT	TAB 2	12,98	20	8 CU	1	183,38	523,27	69.088	12.435.924	168.000	12.603.924
TGA TT	TAB 3	17,77	25	6 CU	1	270,27	523,27	101.826	18.328.724	390.000	18.718.724
TAB BOMBAS-	SUMINISTRO	20,00	10	6 CU	1	136,95	523,27	51.595	9.287.041	156.000	9.443.041
TAB BOMBAS-	EYECTOR	10,00	10	8 CU	1	54,42	523,27	20.503	3.690.614	84.000	3.774.614
TAB 1	TZC1	20,00	6	4 CU	1	51,67	523,27	19.467	3.504.046	145.200	3.649.246
TAB 1	TAB TEATRO	13,24	15	8 CU	1	143,10	523,27	53.913	9.704.338	126.000	9.830.338
TAB 1	TAB	11,80	35	8 CU	1	265,22	523,27	99.921	17.985.840	294.000	18.279.840
TAB 1	TAB AUD	5,82	16	8 CU	1	29,49	523,27	11.112	2.000.159	134.400	2.134.559
TAB 1	TAB SALONES 1	16,32	22	8 CU	1	318,88	523,27	120.140	21.625.276	184.800	21.810.076
TAB 1	TAB SALONES 2	10,64	35	8 CU	1	215,64	523,27	81.241	14.623.454	294.000	14.917.454
							COSTOS TOTALES	**$3.207.125,26**	**$577.282.546,03**	**$13.544.400,00**	**$ 590.826.946,03**

Tabla 16. Cálculo económico conductor en económico BT Nivel 208V

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

K. DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES A UTILIZAR EN MEDIA TENSION Y BAJA TENSION

- **Dimensionamiento de conductores en MT**

Para la selección de los conductores se tuvieron en cuenta las capacidades amperimétricas de los conductores con el fin de no afectar la regulación existente en las redes de MT, por lo tanto, se utilizan los conductores normalizados por el operador de red.

Dimensionamiento de conductores en MT						
Tramo Desde	Hasta	Carga (KVA)	Corriente Carga [A]	I nom. cable MT [A]	Descripción Acometida	SELCCIONE LA ACOMETIDA EN MT Y DUCTO
PF	TR 75KVA	75	3,28	270	3x2/0 ACSR 13,2kV	13,2-2/0 ACSR

Tabla 17. Descripción acometida MT.

- **Dimensionamiento de conductores en BT**

Para la selección de los conductores se tuvieron en cuenta las capacidades amperimétricas de los conductores con el fin de no afectar la regulación existente en las redes de BT, por lo tanto, se utilizan los conductores normalizados por el operador de red y se obtienen las siguientes equivalencias.

Se presenta la ampacidad de los conductores a 60 ºC para corrientes menores a 100 A y 75ºC para mayores de 100A como lo indica la tabla de la NTC 310-16.

Sección transv.	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre
	60 °C TIPOS TW*, UF*	75 °C TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	90 °C TIPOS TBS,SA,SS,FEP*, FEPB*,MI,RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*,THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	60 °C TIPOS TW*, UF*	75 °C TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW, USE*	90 °C TIPOS TBS,SA,SS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm²	COBRE			ALUMINIO 0 ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmils
0,82	--	--	14	--	--	--	18
1,31	--	--	18	--	--	--	16
2,08	20*	20*	25	--	--	--	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500

Tabla 23. Tabla de ampacidad conductores.

COBRE				
Constante	**CORRIENTE**	**Acometida AWG**	60 °c	75 °c
1,22643E-02	20	12		
7,74435E-03	30	10		
4,92117E-03	40	8		
3,12320E-03	55	6		
2,01401E-03	70	4		
1,30761E-03	95	2		
8,64741E-04	150	1/0		
7,09272E-04	175	2/0		
4,81759E-04	230	4/0		
4,27666E-04	255	250		
3,35979E-04	310	350		
2,65629E-04	380	500		

Tabla 18. tabla de la NTC 310-16: Adaptada con valores comerciales

Acometidas para nivel de tensión 208V: Cable baja tensión 600 V tipo LSHFFR 75°C

Selección de cable															
Tramo Desde	**Hasta**	**Número de polos**	**Vn [V]**	**Carga [kVA]**	**Calibre Acometida FASE**	**Calibre Acometida NEUTRO**	**Conductores x Fase**	**Corriente Carga [A]**	**Corriente Carga al 125% [A]**	**Corriente de conductores a 75° [A]**	**Número total de conductores portadores de corriente**	**Factor de corrección por temperatura ambiente**	**Factor de agrupamiento**	**Ampacidad del conductor [A]**	**Acometida Selecciónada**
TRAFO 75KVA	AE319 SC	3	208	75	350 CU	250 CU	1	208	260	310	3	1,05	100%	326	3x350+1x250x4TCU
TRAFO 75KVA	AE319 RCI	3	208	15	6 CU	8 CU	1	42	52	65	3	1,05	100%	68	3x6+1x8x10TCU
AE319 SC	TGA TT	3	208	75	350 CU	250 CU	1	208	260	310	3	1,05	100%	326	3x350+1x250x4TCU
TGA TT	GENERADOR 75 KVA	3	208	75	350 CU	250 CU	1	208	260	310	3	1,05	100%	326	3x350+1x250x4TCU
AE319 RCI	TT RCI	3	208	15	6 CU	8 CU	1	42	52	65	3	1,05	100%	68	3x6+1x8x10TCU
TT RCI	GENERADOR 75 KVA	3	208	15	6 CU	8 CU	1	42	52	65	3	1,05	100%	68	3x6+1x8x10TCU
TGA TT	TAB BOMBAS	3	208	18,03	6 CU	8 CU	1	50	63	65	3	1,05	100%	68	3x6+1x8x8TCU
TGA TT	TAB 1	3	208	37,09	1/0 CU	2 CU	1	103	129	150	3	1,05	100%	158	3x1/0+1x2x6TCU
TGA TT	TAB 2	3	208	12,98	8 CU	8 CU	1	36	45	50	3	1,05	100%	53	3x8+1x8x10TCU
TGA TT	TAB 3	3	208	17,77	6 CU	8 CU	1	49	62	65	3	1,05	100%	68	3x6+1x8x8TCU
TAB BOMBAS	SUMINISTRO	3	208	20	6 CU	8 CU	1	56	69	65	3	1,05	100%	68	3x6+1x8x8TCU
TAB BOMBAS	EYECTOR	3	208	10	8 CU	8 CU	1	28	35	50	3	1,05	100%	53	3x8+1x8x10TCU
TAB 1	TZC1	3	208	20	4 CU	6 CU	1	56	69	85	3	1,05	100%	89	3x4+1x6x8TCU
TAB 1	TAB TEATRO	3	208	13,24	8 CU	8 CU	1	37	46	50	3	1,05	100%	53	3x8+1x8x10TCU
TAB 1	TAB AUD	3	208	11,8	8 CU	8 CU	1	33	41	50	3	1,05	100%	53	3x8+1x8x10TCU
TAB 1	TAB CAF-BIB	3	208	5,82	8 CU	8 CU	1	16	20	50	3	1,05	100%	53	3x8+1x8x10TCU
TAB 1	TAB SALONES 1	3	208	16,32	8 CU	8 CU	1	45	57	50	3	1,05	100%	53	3x8+1x8x10TCU
TAB 1	TAB SALONES 2	3	208	10,64	8 CU	8 CU	1	30	37	50	3	1,05	100%	53	3x8+1x8x10TCU

Tabla 195. Acometidas para nivel de tensión 208V

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

L. CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECION DE EQUIPOS

Cálculos mecánicos para estructura de soporte de transformador de 75 kVA, 13.200V/208V en poste de concreto de 12 metros

Datos de entrada
- Transformador: 75 kVA, 13.200V/208V
- Poste: 12 metros de altura, diámetro 300 mm, material concreto
- Carga vertical: Peso del transformador = 500 kg (aproximadamente)
- Carga horizontal: Fuerza del viento = 100 kg (aproximadamente)
- Tensión en cables: 500 kg (aproximadamente)

Cálculos
1. Carga vertical total: P = 500 kg (peso del transformador) + 150 kg (peso del poste) = 650 kg
2. Carga horizontal total: F = 100 kg (fuerza del viento) + 500 kg (tensión en cables) = 600 kg
3. Momento flector: M = F x h = 600 kg x 6 m (altura del transformador) = 3600 kg-m
4. Esfuerzo cortante: V = F = 600 kg

Verificación del poste de concreto
- Resistencia a la compresión: f'c = 250 kg/cm² (para concreto de alta resistencia)
- Resistencia a la tracción: ft = 0.1 x f'c = 25 kg/cm²
- Momento resistente: Mr = 0.85 x f'c x b x d² = 4500 kg-m (aproximadamente)
- Factor de seguridad: FS = Mr / M = 4500 kg-m / 3600 kg-m = 1.25

Conclusión
El poste de concreto parece ser seguro para las cargas consideradas, con un factor de seguridad de 1.25. Sin embargo, es importante considerar otros factores como la calidad del concreto, la armadura y las condiciones ambientales.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

M. SELECCIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES MT_BT

- **Selección de Protecciones en MT**

La siguiente tabla describe los fusibles de protección para los transformadores en poste:
Para un transformador de 75kVA se seleccionarán los fusibles: tipo dual de 2.1 A

Símbolo	Referencia	Capacidad nominal del transformador a proteger en kVA		
		Código SAP	Monofásico	Trifásico
			11kV - 13,2	11kV - 13,2
f_{21}	0,4	170845	5, (10 en 13,2)	15
f_{40}	0,6	170871	10 en 11,4	
f_{23}	1	170825	15	30
f_{25}	1,4	170848	30	45
f_{26}	2,1	170822		75
f_{27}	3,1	170830	45	
f_{36}	4,2	170007		112.5
f_{30}	5,2	170823		150
f_{32}	7,8	170851		225
f_{33}	10,4	170828		300

Tabla 206. Fusible según potencia de transformador.

- **Selección de Protecciones en BT Nivel de tensión 208V**

Selección de protecciones								
Tramo Desde	**Hasta**	**Número de polos**	**Carga [kVA]**	**Calibre Acometida**	**Corriente Carga [A]**	**Corriente Carga al 125% [A]**	**Corriente Nominal de conductores [A]**	**Protección [A]**
TRAFO 75KVA	AE319 SC	3	75,00	350 CU	208	260	326	3x250
TRAFO 75KVA	AE319 RCI	3	15,00	6 CU	42	52	68	3x50
AE319 SC	TGA TT	3	75,00	350 CU	208	260	326	3x250
TGA TT	GENERADOR 75 KVA	3	75,00	350 CU	208	260	326	3x250
AE319 RCI	TT RCI	3	15,00	6 CU	42	52	68	3x50
TT RCI	GENERADOR 75 KVA	3	15,00	6 CU	42	52	68	3x50
TGA TT	TAB BOMBAS	3	18,03	6 CU	50	63	68	3x63
TGA TT	TAB 1	3	37,09	1/0 CU	103	129	158	3x125
TGA TT	TAB 2	3	12,98	8 CU	36	45	53	3x40
TGA TT	TAB 3	3	17,77	6 CU	49	62	68	3x63
TAB BOMBAS-	SUMINISTRO	3	20,00	6 CU	56	69	68	3x63
TAB BOMBAS-	EYECTOR	3	10,00	8 CU	28	35	53	3x30
TAB 1	TZC1	3	20,00	4 CU	56	69	89	3x63
TAB 1	TAB TEATRO	3	13,24	8 CU	37	46	53	3x40
TAB 1	TAB AUD	3	11,80	8 CU	33	41	53	3x40
TAB 1	TAB CAF-BIB	3	5,82	8 CU	16	20	53	3x20
TAB 1	TAB SALONES1	3	16,32	8 CU	45	57	53	3x50
TAB 1	TAB SALONES2	3	10,64	8 CU	30	37	53	3x30

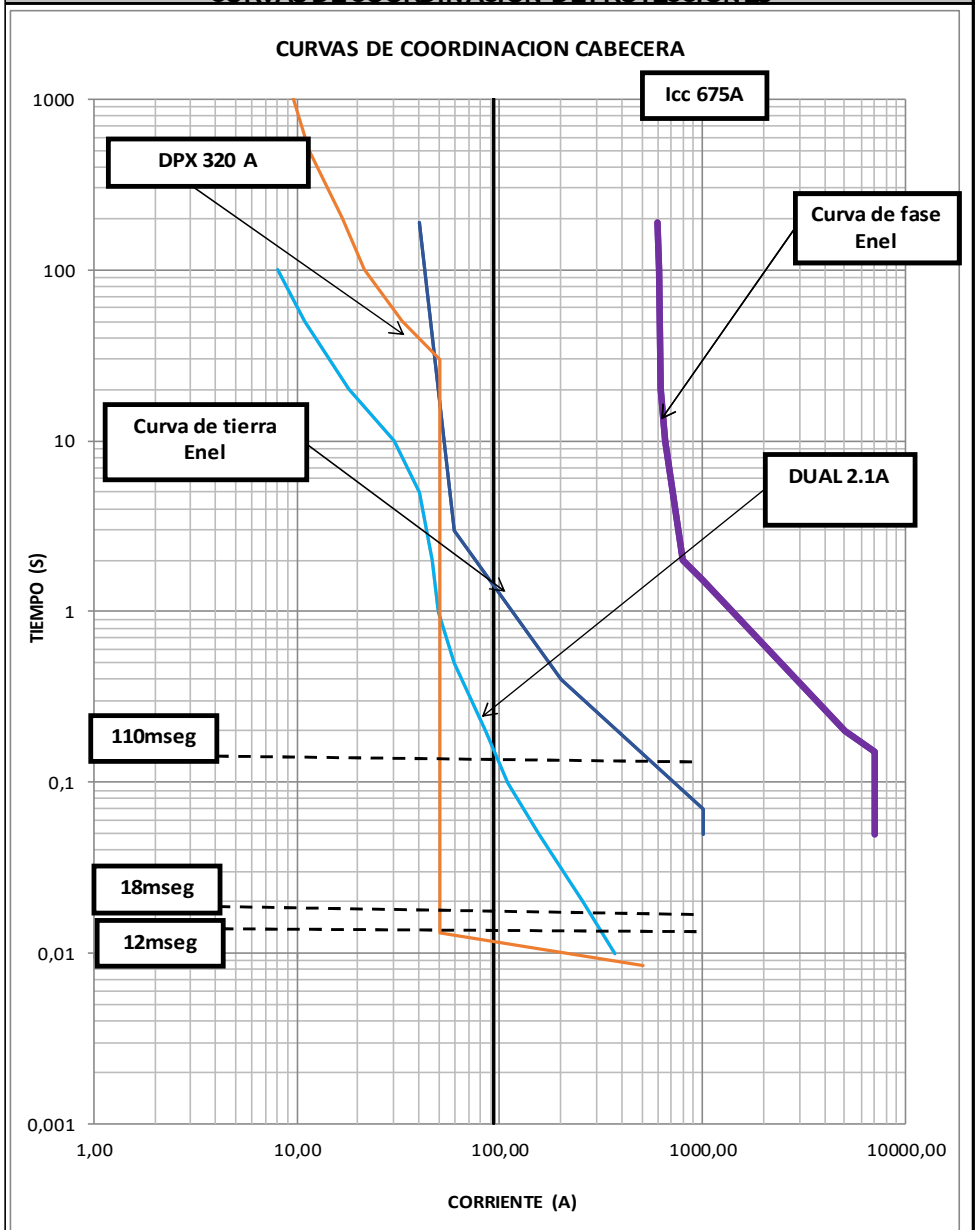
Tabla 217. Protección según carga asociada Tensión 208V.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

- **COORDINACION DE PROTECCIONES DE FASE Y TIERRA BAJO LOS PARAMETROS DE LA NORMA IEEE STD 242 DE 2001 O IEC 60909 DE 2001**

Las curvas de protecciones del fusible de MT y las protecciones de los tableros que componen el proyecto en los circuitos de BT se describen a continuación:

CURVAS DE COORDINACION DE PROTECCIONES



Curvas de Coordinación de protecciones para el proyecto: Centro cultural Villapinzón	CURVA CARACTERISTICA DE FASE Y TIERRA

Figura 23. Tiempos de coordinación BT(Interrruptor)-MT(Fusible).

Por el lado de Falla en fase, el interruptor termomagnético de B.T. de 3x320A (totalizador), opera a los 10 ms, para la corriente de falla. Para el caso del fusible dual 2.1, el cual está acorde a los requerimientos técnicos.

Los dispositivos de protección y sus ajustes se encuentren adecuadamente seleccionados, con lo cual se logra que la operación de las protecciones sea selectiva; de tal manera que en caso de una falla opere primero el dispositivo de protección de baja tensión (termo magnético).
Nota: Las curvas Enel se realizan bajo unas curvas referencia. Cuando se tenga factibilidad de servicio se debe modelar las curvas asociadas del proyecto

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

N. CALCULOS DE CANALIZACIONES

A continuación, se realizarán los cálculos los cuales nos permiten conocer el porcentaje de ocupación de los ductos, los cuales no pueden exceder el 40% de ocupación. En la tabla No. 4 del Capítulo 9 de la NTC 2050, se indica el diámetro interno de los diferentes tipos de tuberías.

DIEMETRO TUBERIAS	DIAMETRO INTERNO TUBERIA mm (PVC)	DIAMETRO INTERNO TUBERIA mm (EMT)	DIAMETRO INTERNO TUBERIA mm (IMC)	ÁREA INTERNA TUBERIA mm (PVC)	ÁREA INTERNA TUBERIA mm² (EMT)	ÁREA INTERNA TUBERIA mm² (IMC)
1/2	17,78	15,8	14,22	248	196	159
3/4	23,11	20,93	19,3	419	344	293
1	29,85	26,64	25,4	700	557	507
1 1/4	38,1	35,05	34,04	1140	965	910
1 1/2	43,69	40,89	39,88	1499	1313	1249
2	54,74	52,5	51,31	2353	2165	2068
2 1/2	66,93	69,37	63,22	3518	3779	3139
3	84,84	85,24	78,49	5653	5707	4839
4	108,94	110,08	102,87	9321	9517	8311
6	160,93	0	154,76	20341	0	18811

Tabla 228. Características de tuberías eléctricas.

Para determinar el porcentaje de ocupación de los conductores en las tuberías tenemos en cuenta la siguiente formula:

$$\text{Porcentaje ocupación} = \frac{\text{área Conductor}[\text{mm}^2]}{\text{área de ducto}[\text{mm}^2]} \text{x } 100\%$$

Como se puede evidenciar, todas las tuberías y ductos portacables están por debajo del 40% de ocupación, como lo exige la NTC2050 Capitulo 9.

- **Canalización MT**

  No aplica, la red se proyecta aérea.

- **Canalización BT Nivel de tensión 208V**

Ocupación del cable									
Tramo Desde	**Hasta**	**Calibre Acometida**	**Conductore x Fase**	**Selección mínimo ø Tubería**	**Selección Carcamo / Bandeja [cm]**	**% Ocupacion**	**Descripción Acometida**	**Selección Duct.**	**Material Tuberia**
TRAFO 75KVA	AE319 SC	350 CU	1	1Ø3" IMC		27,6%	3x350+1x250x4TCU	3" IMC	IMC
TRAFO 75KVA	AE319 RCI	6 CU	1	1Ø1 1/4" IMC		14,8%	3x6+1x8x10TCU	1 1/4" IMC	IMC
AE319 SC	TGA TT	350 CU	1	1Ø3" IMC		27,6%	3x350+1x250x4TCU	3" IMC	IMC
TGA TT	GENERADOR 75 KVA	350 CU	1	1Ø3" IMC		27,6%	3x350+1x250x4TCU	3" IMC	IMC
AE319 RCI	TT RCI	6 CU	1	1Ø1 1/4" IMC		14,8%	3x6+1x8x10TCU	1 1/4" IMC	IMC
TT RCI	GENERADOR 75 KVA	6 CU	1	1Ø1 1/4" IMC		14,8%	3x6+1x8x10TCU	1 1/4" IMC	IMC
TGA TT	TAB BOMBAS	6 CU	1	1Ø1 1/4" EMT		14,2%	3x6+1x8x8TCU	1 1/4" EMT	EMT
TGA TT	TAB 1	1/0 CU	1	1Ø1 1/2" EMT		36,9%	3x1/0+1x2x6TCU	1 1/2" EMT	EMT
TGA TT	TAB 2	8 CU	1	1Ø1" EMT		18,0%	3x8+1x8x10TCU	1" EMT	EMT
TGA TT	TAB 3	6 CU	1	1Ø1 1/4" EMT		14,2%	3x6+1x8x8TCU	1 1/4" EMT	EMT
TAB BOMBAS-	SUMINISTRO	6 CU	1	1Ø1 1/4" EMT		14,2%	3x6+1x8x8TCU	1 1/4" EMT	EMT
TAB BOMBAS-	EYECTOR	8 CU	1	1Ø1" EMT		18,0%	3x8+1x8x10TCU	1" EMT	EMT
TAB 1	TZC1	4 CU	1	1Ø1 1/2" EMT		16,6%	3x4+1x6x8TCU	1 1/2" EMT	EMT
TAB 1	TAB TEATRO	8 CU	1	1Ø1" EMT		18,0%	3x8+1x8x10TCU	1" EMT	EMT
TAB 1	TAB AUD	8 CU	1	1Ø1" EMT		18,0%	3x8+1x8x10TCU	1" EMT	EMT
TAB 1	TAB CAF-BIB	8 CU	1	1Ø1" EMT		17,6%	3x8+1x8x10TCU	1" EMT	EMT
TAB 1	TAB SALONES 1	8 CU	1	1Ø1" EMT		18,0%	3x8+1x8x10TCU	1" EMT	EMT
TAB 1	TAB SALONES 2	8 CU	1	1Ø1" EMT		18,0%	3x8+1x8x10TCU	1" EMT	EMT

Tabla 239. Canalización BT Nivel de tensión 208V.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

O. CALCULO DE PERDIDAS DE ENERGIA

La potencia eléctrica que se pierde en una línea, debido al paso de corriente eléctrica por el conductor de la misma, solo se hace referencia a la potencia activa consumida por el conductor de la línea (la que no llega al receptor), por lo que para el cálculo de la misma se deberá tener en cuenta tanto la resistencia del conductor de la línea, como la corriente que circula por el mismo.

En la línea trifásica, al existir tres conductores de línea, la potencia activa total perdida en la línea, se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\Delta P = 3R(I_L)^2$$

Donde:

ΔP: Perdida de potencia [W]

R: Resistencia del conductor de línea [Ω]

I_L: Intensidad de línea máxima prevista [A]

La resistencia del conductor de línea es:

$$R = \text{resistencia } \left[\frac{\Omega}{km}\right] \text{x L [km]}$$

- **Pérdidas técnicas en MT.**

Calculo de perdidas de Energía en MT								
Tramo Desde	Hasta	Carga (KVA)	Distancia (m)	Calibre Acometida	R equiv [Ω/m]	Corriente [A]	Perdidas Tramo I^2*R [W]	SELCCIONE LA ACOMETIDA EN MT Y DUCTO
trafo	TR 75KVA	75	30	2/0 ACSR	4,36E-04	3,28	0,42	13,2-2/0 ACSR

Tabla 240. Cálculo de pérdidas de energía en MT.

- **Pérdidas técnicas en BT Nivel 208V**

Perdidas del cable								
Tramo Desde	**Hasta**	**Carga (KVA)**	**Distancia (m)**	**Calibre Acometida**	**Conductores x Fase**	**R equiv [Ω/ m]**	**Corriente Carga [A]**	**Perdidas Tramo I^2*R [W]**
TRAFO 75KVA	AE319 SC	75,00	10	350 CU	1	1,11E-04	208	144,4
TRAFO 75KVA	AE319 RCI	15,00	10	6 CU	1	1,48E-03	42	77,0
AE319 SC	TGA TT	75,00	6	350 CU	1	1,11E-04	208	86,7
TGA TT	GENERADOR 75 KVA	15,00	30	6 CU	1	1,48E-03	208	5777,4
AE319 RCI	TT RCI	15,00	30	6 CU	1	1,48E-03	42	231,1
TT RCI	GENERADOR 75 KVA	75,00	30	350 CU	1	1,11E-04	42	17,3
TGA TT	TAB BOMBAS	18,03	30	6 CU	1	1,48E-03	50	333,9
TGA TT	TAB 1	37,09	15	1/0 CU	1	3,68E-04	103	175,7
TGA TT	TAB 2	12,98	20	8 CU	1	2,35E-03	36	183,4
TGA TT	TAB 3	17,77	25	6 CU	1	1,48E-03	49	270,3
TAB BOMBAS -	SUMINISTRO	20,00	10	6 CU	1	1,48E-03	56	136,9
TAB BOMBAS -	EYECTOR	10,00	10	8 CU	1	2,35E-03	28	54,4
TAB 1	TZC1	20,00	6	4 CU	1	9,31E-04	56	51,7
TAB 1	TAB TEATRO	13,24	15	8 CU	1	2,35E-03	37	143,1
TAB 1	TAB	11,80	35	8 CU	1	2,35E-03	33	265,2
TAB 1	TAB AUD	5,82	16	8 CU	1	2,35E-03	16	29,5
TAB 1	TAB SALONES 1	16,32	22	8 CU	1	2,35E-03	45	318,9
TAB 1	TAB SALONES 2	10,64	35	8 CU	1	2,35E-03	30	215,6

Tabla 251. Pérdidas técnicas en BT Nivel 208V

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

P. CALCULO DE REGULACION DE TENSION

Para realizar los cálculos de Regulación tenemos en cuenta las cargas que se tiene en el área de influencia y que básicamente están asociados a los transformadores.

Para el cálculo de regulación se usa el método de momento eléctrico el cual establece que:

R% = K x M
M = Sp x L

Donde

R = regulación del circuito en %

K = constante de regulación
Sp = capacidad instalada en kVA
L = longitud del circuito

- **Regulación en MT.**

Calculo de Regulación en MT										
Tramo Desde	Hasta	Carga (KVA)	Distancia (m)	Momento (KVA*m)	Calibre Acometida	Constante de Regulación	Regulación Parcial %	Regulación Total %	Descripción Acometida	SELCCIONE LA ACOMETIDA EN MT Y DUCTO
trafo	TR 75KVA	75	30	2250,00	2/0 ACSR	3,93E-07	0,0009	0,0009	3x2/0 ACSR13,2kV	13,2-2/0 ACSR

Tabla 262. Regulación de tensión en MT.

- **Regulación en BT Nivel de tensión 208V.**

Calculo de Regulación en BT para TORRE 1										
Tramo Desde	**Hasta**	**Distancia (m)**	**Carga (KVA)**	**Calibre Acometida**	**Constante de Regulación**	**Regulación Parcial %**	**Regulación Total %**	**Voltaje L-L [kV]**	**Número de polos**	**Conductore sx Fase**
TRAFO 75KVA	AE319 SC	10	75	350 CU	3,36E-04	0,25	0,25	0,208	3	1
TRAFO 75KVA	AE319 RCI	10	15	6 CU	3,12E-03	0,47	0,47	0,208	3	1
AE319 SC	TGA TT	6	75	350 CU	3,36E-04	0,15	0,15	0,208	3	1
TGA TT	GENERADOR 75 KVA	30	15	6 CU	3,12E-03	1,41	1,41	0,208	3	1
AE319 RCI	TT RCI	30	15	6 CU	3,12E-03	1,41	1,41	0,208	3	1
TT RCI	GENERADOR 75 KVA	30	75	350 CU	3,36E-04	0,76	0,76	0,208	3	1
TGA TT	TAB BOMBAS	30	18,03	6 CU	3,12E-03	1,69	1,69	0,208	3	1
TGA TT	TAB 1	15	37,09	1/0 CU	8,65E-04	0,48	0,48	0,208	3	1
TGA TT	TAB 2	20	12,98	8 CU	4,92E-03	1,28	1,28	0,208	3	1
TGA TT	TAB 3	25	17,77	6 CU	3,12E-03	1,39	1,39	0,208	3	1
TAB BOMBAS	SUMINISTRO	10	20	6 CU	3,12E-03	0,62	0,62	0,208	3	1
TAB BOMBAS	EYECTOR	10	10	8 CU	4,92E-03	0,49	0,49	0,208	3	1
TAB 1	TZC1	6	20	4 CU	2,01E-03	0,24	0,24	0,208	3	1
TAB 1	TAB TEATRO	15	13,24	8 CU	4,92E-03	0,98	0,98	0,208	3	1
TAB 1	TAB	35	11,8	8 CU	4,92E-03	2,03	2,03	0,208	3	1
TAB 1	TAB AUD	16	5,82	8 CU	4,92E-03	0,46	0,46	0,208	3	1
TAB 1	TAB SALONES 1	22	16,32	8 CU	4,92E-03	1,77	1,77	0,208	3	1
TAB 1	TAB SALONES 2	35	10,64	8 CU	4,92E-03	1,83	1,83	0,208	3	1

Tabla 273. Regulación en BT Nivel de tensión 208V.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

Q. CLASIFICACION DE AREAS

El proyecto está destinado para centro cultural, por lo tanto, no hay almacenamiento de substancias químicas o inflamables en las zonas de tránsito normal del proyecto. Además, el proyecto no corresponde a ninguna de las áreas de alto riesgo de explosión indicadas en el RETIE artículo 36.2.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

R. ELABORACION DE DIAGRAMAS UNIFILARES

Ver planimetría adjunta.

S. ELABORACIÓN DE PLANOS ELÉCTRICOS DE CONSTRUCCIÓN

Ver planimetría adjunta.

T. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS

- **CALCULO DE BARRAJES (SECCION mm2)**

Se presenta a continuación la Norma de NTC 3444, para seleccionar las dimensiones correctas de los barrajes de BT en el TGA, armarios de medidores, tablero general de distribución, entre otros.

ANCHO X ESPESOR	ÁREA mm^2	PESO kg/m	CORRIENTE ALTERNA 60Hz BARRAS PINTADA		CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO			
			1 I	2 II	I_x cm^4	W_x cm^3	I_Y cm^4	W_Y cm^3
12 x 2	24	0,21	165	297	0,0288	0,048	0,0008	0,008
15 x 2	30	0,27	204	356	0,0562	0,075	0,0010	0,010
15 x 3	45	0,40	244	435	0,084	0,112	0,0030	0,022
20 x 2	40	0,35	230	462	0,133	0,133	0,0013	0,0133
20 x 3	60	0,54	323	561	0,200	0,200	0,0045	0,030
20 x 5	100	0,89	429	739	0,333	0,333	0,208	0,083
25 x 3	75	0,57	496	686	0,390	0,312	0,005	0,037
25 x 5	125	1,11	521	884	0,651	0,521	0,026	0,104
30 x 3	90	0,8	468	805	0,675	0,450	0,007	0,045
30 x 5	150	1,34	594	1029	1,125	0,750	0,031	0,125
40 x 3	120	1,07	607	1042	1,600	0,800	0,009	0,060
40 x 5	200	1,78	792	1320	2,666	1,333	0,042	0,166
40 x 10	400	3,56	1122	1980	5,333	2,666	0,333	0,666
50 x 5	250	2,25	950	1610	5,200	2,080	0,052	0,208
50 x 10	500	4,45	1359	2376	10,400	4,160	0,416	0,833
60 x 5	300	2,67	1122	1887	9,000	3,000	0,063	0,250
60 x 10	600	5,34	1584	2772	18,000	6,000	0,500	1,000
80 x 5	400	3,56	1412	2508	21,330	5,333	0,0833	0,333
80 x 10	800	7,12	2059	3300	42,600	10,660	0,666	1,333
100 x 5	500	4,45	1782	3036	41,660	8,333	0,104	0,4165
100 x 10	1000	8,90	2481	4092	83,300	16,660	0,833	1,666
120 x 10	1200	10,68	2904	4620	144,00	24,000	1,000	2,000
160 x 10	1600	14,24	3696	5808	340,80	42,640	1,333	2,666
200 x 10	2000	17,80	4422	6996	666,40	66,640	1,666	3,352

Tabla 284. Características barras de cobre.

Aplicando la normatividad del OR ENEL para el dimensionamiento de equipos, se procede a dimensiones los TGA y armario de medidores usando las tablas para dimensionamiento de redes de uso general de Baja tensión.

- **75KVA a 208V**

ID Tablero	*Dimensionamiento*	In [A]	*I barra [A]*	*Dimension Ancho x Espesor*
TGA - TT	***Fase** In 150%*	208	*312 A*	*20 x3 mm2*
	***Neutro** In 150%*	208	*312 A*	*20 x3 mm2*
	Tierra ⩾ *200A*	200	*200 A*	*15 x 2 mm2*

Tabla 295. Dimensiones barraje 75KVA a 208V

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

U. ANALISIS DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD

De acuerdo al artículo 13 del RETIE se deben respetar las distancias mínimas de seguridad en las construcciones, por lo cual para este proyecto se garantiza respectar estas distancias de seguridad.

Distancias mínimas de Seguridad Según Tabla 13.1.

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

Tabla 35. Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones

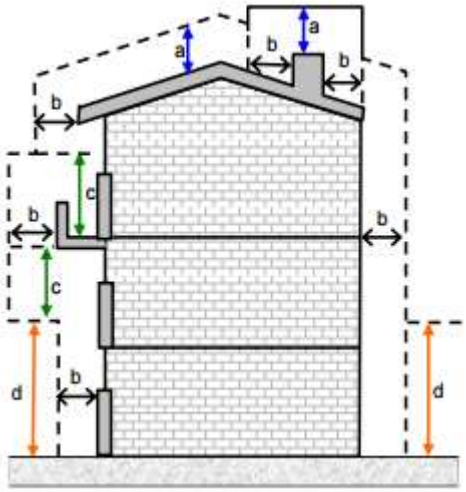


Figura 24. Distancias de seguridad.

La medida de seguridad para la red de MT no aplica debido a que la red proyectada en este nivel de tensión se encuentra subterránea.

- **Límites de aproximación ámbito de aplicación trabajos sin tensión.**

Los trabajos para realizar una maniobra de desconexión de una instalación eléctrica antes de iniciar las labores deben ser realizadas por una persona calificada y autorizada. Supresión de tensión (desconectar). Con el fin de prevenir un choque eléctrico al operador y aislar la zona de trabajo se deben abrir los interruptores, seccionadores, fusibles o fuente de alimentación.
El operador debe portar su equipo de protección personal, elementos de verificación de ausencia de tensión.

- **Trabajos en proximidad a partes energizadas.**

Estos trabajos deben realizarse por personal calificado y bajo supervisión de un jefe de obra, el operario debe cumplir con las distancias de seguridad, con los elementos de protección personal adecuados para la labor. Detectar los riesgos que implican la labor para el operario y las instalaciones.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

V. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE DESVIACIÓN DE LA NTC 2050

La NTC 2050 segunda actualización, no da información de conductores libres de halógenos con sus siglas LSHFFR, por tal motivo la capacidad de corriente y llenado de ducto se relaciona con los conductores tipo THHW. Al revisar la ficha técnica el espesor de aislamiento del THHW es igual al de libre de halógenos; de acuerdo a lo anterior se justifica la desviación técnica a la norma.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

W. ESTUDIOS REQUERIDOS PARA LA CORRECTA Y SEGURA OPERACIÓN

- **Selección de equipos**

Sistema de medida.

"Los servicios cuya carga requerida sea inferior a cincuenta y cinco (55) kW, la medida se realizará en baja tensión (Nivel de Tensión 1) con medidores de energía electrónicos con clase exactitud igual o mejor a 1, en conexión directa o semidirecta por medio de transformadores de corriente con clase de exactitud igual o mejor a 0.5S. Estos equipos pueden ser multirango en tensión hasta 480 V.

Para cargas iguales o superiores a cincuenta y cinco (55) kW, e inferiores a trescientos (300) kW, la medida se realizará en baja tensión (nivel 1) con medidores de energía electrónicos y transformadores de corriente con clase de exactitud igual o mejor a 0.5S. Como mínimo deben registrar la siguiente información:

• Energía Activa
• Energía Reactiva
• Perfil de carga
• Medición bidireccional
• Doble tarifa
• Multirango en tensión hasta 480 V

También debe poseer puerto de comunicaciones RS232, RS485 y/o Ethernet.

Para cargas superiores a 300kW, la medida se realizará en media tensión (nivel 2 o 3) con medidores de energía electrónicos y transformadores de corriente con clase de exactitud igual o mejor a 0.2S, y transformadores de tensión con clase de exactitud igual o mejor a 0.2. Como mínimo deben registrar la siguiente información:

• Energía Activa

- Energía Reactiva
- Perfil de carga
- Perfil de instrumentación
- Demanda máxima
- Medición bidireccional
- Doble tarifa
- Multirango en tensión hasta 480 V

2.8.1 SELECCIÓN DE EQUIPO DE MEDIDA PARA B.T.

Cálculo para selección de los TC del equipo de medida en BT.

CARGA DE LA CUENTA = **75 kVA**
CORRIENTE NOMINAL = 208,2 A

Para esta carga se selecciona unos TC de : **200** A.

RANGO DE OPERACIÓN DEL TC	**80%**	**120%**
	160 A	240 A

TOMO 7 GENERALIDADES. 7,5,1

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	
TENSION DE SERVICIO	208 V
TENSION NOMINAL	600 V
FRECUENCIA	60 HZ
CLASE**	0,5
USO	INTERIOR
NUMERO DE NUCLEOS	1
PERDIDAS PROPIAS	15 VA
TENSION DE ENSAYO A 60 HZ	3 KV
TENSION DE ENSAYO AL IMPULSO	-
CORRIENTE PRIMARIA	200 A
CORRIENTE SECUNDARIA	5A
CORRIENTE TERMICA	80 In
CORRIENTE DINAMICA	200 In
FACTOR DE SEGURIDAD	<5

TOMO 7 GENERALIDADES 7,4,3,2

MEDIDOR ELECTRONICO	
TIPO	TRIFASICO TETRAFILAR
TENSION	3x120/208 V
I BASICA (A)	5
I MAXIMA(A)	6 o 10
CLASE**	1
ESQUEMA CONEXIÓN	AE417

*** Exactitud para medidores y transfortmadores de medida según Resolución CREG-038-2014.*

Figura 25. Tabla selección de equipos de medida según potencia.

- **Equipo de bombeo Red contra incendio.**

Características de los equipos:

- 2 bomba Principales para dos tanques con una carga de 20 HP
- 2 bomba Jockey de 1 HP

Para la selección de protección y cableado del sistema contra incendios se sigue el procedimiento indicado en la NTC 2050 segunda actualización en el Articulo 430 “Motores, circuito de motores y controladores” como se muestra a continuación:

Potencia		Tipo de inducción de jaula de ardilla y de rotor devanado (A)							Tipo sincrónico de factor de potencia unitario* (A)			
W	hp	115 V	200 V	208 V	230 V	460 V	575 V	2300 V	230 V	460 V	575 V	2300 V
373	½	4,4	2,5	2,4	2,2	1,1	0,9	—	—	—	—	—
560	¾	6,4	3,7	3,5	3,2	1,6	1,3	—	—	—	—	—
746	1	8,4	4,8	4,6	4,2	2,1	1,7	—	—	—	—	—
1 119	1½	12	6,9	6,6	6	3	2,4	—	—	—	—	—
1 492	2	13,6	7,8	7,5	6,8	3,4	2,7	—	—	—	—	—
2 238	3	—	11	10,6	9,6	4,8	3,9	—	—	—	—	—
3 370	5	—	17,5	16,7	15,2	7,6	6,1	—	—	—	—	—
5 595	7½	—	25,3	24,2	22	11	9	—	—	—	—	—
7 460	10	—	32,2	30,8	28	14	11	—	—	—	—	—
11 190	15	—	48,3	46,2	42	21	17	—	—	—	—	—
14 920	20	—	62,1	59,4	54	27	22	—	—	—	—	—
18 650	25	—	78,2	74,8	68	34	27	—	53	26	21	—
22 380	30	—	92	88	80	40	32	—	63	32	26	—
29 840	40	—	120	114	104	52	41	—	83	41	33	—

Figura 26. Tabla 430.250 NTC 2050, FLA según potencia de motor.

Potencia nominal		Corriente máxima del motor con rotor bloqueado, en amperios, motores de dos fases y trifásicos de diseño B, C y D *					
		115 V	200 V	208 V	230 V	460 V	575 V
W	hp	B, C, D	B, C, D	B, C, D	B, C, D	B, C, D	B, C, D
373	½	40	23	22,1	20	10	8
560	¾	50	28,8	27,6	25	12,5	10
746	1	60	34,5	33	30	15	12
1 119	1½	80	46	44	40	20	16
1 492	2	100	57,5	55	50	25	20
2 238	3	—	73,6	71	64	32	25,6
3 370	5	—	105,8	102	92	46	36,8
5 595	7½	—	146	140	127	63,5	50,8
7 460	10	—	186,3	179	162	81	64,8
11 190	15	—	267	257	232	116	93
14 920	20	—	334	321	290	145	116
18 650	25	—	420	404	365	183	146
22 380	30	—	500	481	435	218	174
29 840	40	—	667	641	580	290	232
37 300	50	—	834	802	725	363	290
44 760	60	—	1 001	962	870	435	348
55 950	75	—	1 248	1 200	1 085	543	434
74 600	100	—	1 668	1 603	1 450	725	580
93 250	125	—	2 087	2 007	1 815	908	726
111 900	150	—	2 496	2 400	2 170	1 085	868
149 200	200	—	3 335	3 207	2 900	1 450	1 160
186 500	250	—	—	—	—	1 825	1 460
223 800	300	—	—	—	—	2 200	1 760

Figura 27. Tabla 430.251 NTC 2050, corriente de rotor bloqueado según potencia de motor.

Según las tablas 430.250 y 430.251 de la NTC 2050 Para los dos tanques se requieren dos bombas de 20 hp con tensión de 208V se tiene una corriente de operación de 59.4 A y la corriente de rotor bloqueado es de 321 A.

La protección debe ser solo magnética de 350 A.
Para la selección de conductor se realiza la sumatoria de corrientes a plena carga con un factor de 1.25.

(59.4 A + 4.6 A) X 1.25=80 A según tabla 310.16 de la NTC 2050 se requiere los siguientes alimentadores:
3x4 + 8T. Ducto IMC 1 ½"Bomba RCI #1
3x4+ 8T Ducto IMC 1 ½"Bomba RCI #2

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025

X. SELECCIÓN, CÁLCULO Y ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES.

- **Sistema de generación convencional**

Debido a la topología del sistema, el proyecto contara con un equipo de generación convencional (grupo electrógeno) con combustible tipo DIESEL, distribuido de la siguiente manera:

Generador 1: estará dedicado al respaldo de la carga de centro cultural al 100%.

Se selecciona la planta de generación con las siguientes características:

Potencia nominal PRIME (kW)	75
Tensión (V)	208
Frecuencia (Hz)	60
Numero de fases	3
Factor de potencia (FP)	0.9
Altura de operación (msnm)	2600
Régimen de trabajo	DCC

Tabla 30. Características técnicas generador 1.

Autonomía para generador Diesel de 75 kVA

Consideraciones generales

- Consumo de combustible: Se estima que un generador diesel de 75 kVA podría tener un consumo de combustible de alrededor de 15-20 litros por hora (L/h) a plena carga.

- Capacidad del tanque: Suponiendo un tanque de combustible con una capacidad de 500 litros.

- Autonomía: La autonomía se puede estimar dividiendo la capacidad del tanque por el consumo de combustible.

Cálculo aproximado

- Consumo de combustible: 17,5 L/h (aproximadamente)

- Capacidad del tanque: 500 litros

- Autonomía: Autonomía = Capacidad del tanque / Consumo de combustible = 500 litros / 17,5 L/h ≈ 28,6 horas

Conclusión

La autonomía para un generador diésel de 75 kVA podría estimarse en alrededor de 28,6 horas, suponiendo un consumo de combustible de 17,5 L/h y una capacidad del tanque de 500 litros. Sin embargo, es importante considerar las condiciones específicas de operación y la eficiencia del motor para determinar la autonomía exacta.

NOTA: Es responsabilidad del contratista realizar los cálculos correspondientes para validar la información expuesta.

Las protecciones deben ser validas según modelo final instalado, el contratista debe verificar los alimentadores, la placa del fabricante debe presentar el uso continuo del generador al 100% de su carga demandada de diseño en modo PRIME es importante verificar un derrateo del equipo a 2600 msnm.

Sistema de generación no convencional.

Se realiza el ejercicio de proponer la conexión del sistema fotovoltaico al sistema de iluminación interior, el cual, tiene la siguiente carga instalada.

Nivel	Carga instalada (W)
1	2342
2	2377
3	2939
Total (W)	7660

Tabla 31. Carga total instalada sistema iluminación.

Para un total de 7.6kW instalados se opta por un sistema fotovoltaico de 10kW, el cual representa al 100% de la carga total.

El sistema está compuesto por 20 paneles solares de 500W cada uno, se requiere de aproximadamente 80 metros cuadrados libres en cubierta, los paneles estarán conectados a un inversor de 10 kW para la adecuación de los parámetros de tensión y frecuencia para su conexión al sistema.

Nota: El contratista validara con el cliente si es posible realizar la inversión de un sistema fotovoltaico.

Nombre:	Néstor Moreno	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-121953	**Fecha**: ABR 2025