P-025-26 PARQUE EL EDEN, BUGALAGRANDE

Informe Técnico Cumplimiento RETIE

DESCRIPCIÓN BREVE

Diseño de instalaciones eléctricas para iluminación en el parque de la salud ubicado en el municipio de Bugalagrande, Valle del Cauca.

- Cliente: HT&T PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES SAS
- Ubicación: Bugalagrande, Valle del Cauca
  - Lat.: 4.20923
  - Long.: -76.16068
- Fecha: 01.07.2026
- Diseñadores responsables:
  - Luis Arturo Guevara Cano
    AN205-158668



  - Luis Arturo Guevara Zuluaga
    AN205-1514



Contenido

1. Descripción y alcance del proyecto 4
2. Diseño eléctrico detallado – Resolución 40117 de 2024 (RETIE) 4
a. Análisis de riesgo de origen eléctrico 5
b. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección. .. 18
b.1.1 Protección externa contra rayos 20
b.1.1 Protección interna 20
c. Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos 21
d. Coordinación de aislamiento eléctrico 22
e. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra 22
e.1 Análisis de cortocircuito 23
e.2 Análisis de arco eléctrico 23
Corriente de arco Ia 24
Energía incidente E a la distancia de trabajo 24
Determinación de categoría PPE y Límite de arco 24
e.3 Análisis de falla a tierra 25
Dimensionamiento del Conductor de Puesta a Tierra de Equipos (EGC) 25
e.4 Conclusiones generales 26
f. Análisis del nivel tensión requerido. 27
g. Cálculos de campos electromagnéticos 28
h. Cálculo de transformadores incluyendo efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga 28
i. Sistema de puesta a tierra (SPT) 28
j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía 29
k. Especificación de los conductores 29
l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación 30
m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes 30
m.1 Resultado de coordinación de protecciones y curvas TCC 30
m.2 Resultados de selectividad 32
Resultados en la zona de sobrecarga (disparo térmico) 32

Resultados en la zona de cortocircuito (disparo magnético) 32
Observación sobre el poder de corte 33
n. Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.) 33
o. Cálculo de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia 34
p. Cálculos de regulación de tensión 34
q. Áreas clasificadas como peligrosas 35
r. Diagramas unifilares 35
s. Planos eléctricos para construcción 35
t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos. 36
u. Distancias de seguridad o servidumbre requeridas 36
v. Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación 38
w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas 39
x. Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales 39

Tablas

Tabla 1 Descripción Proyecto 4
Tabla 2 Aplicabilidad de ítems aplicables al diseño detallado al proyecto 5
Tabla 3 Decisiones y acciones para controlar riesgo dependiendo del nivel de riesgo asociado - tabla 1.5.1.4.b del RETIE 6
Tabla 4 Totalizador en caja contador y en Cofre 22
Tabla 5 Elementos por instalar en cofre gabinete totalizador y DPS 22
Tabla 6 Protecciones de circuitos en tablero minipragma 22
Tabla 7 Determinación categoría PPE 24
Tabla 8 Especificación PPE 25
Tabla 9 Calibre mínimo de conductor EGC de acuerdo con tabla 250.122 NTC 2050:2024 25
Tabla 10 Etiquetado puntos de mantenimiento con nivel de EPP 26
Tabla 11 Descripción niveles de tensión 27
Tabla 12 Descripción de cargas y protecciones 27
Tabla 13 Descripción de especificación general de conductores 29
Tabla 14 Análisis para selección del conductor y del interruptor 30

Tabla 15 Selectividad en zona de sobrecarga 32
Tabla 15 Bandas de disparo magnético (curva C, 5·In – 10·In) 32
Tabla 15 Cálculo de canalizaciones 33
Tabla 16 Cálculo de pérdidas de energía 34
Tabla 17 Cálculo de caída de tensión 35
Tabla 18 Descripción e identificación de planos para construcción y anexos 36

Ilustraciones

Ilustración 1 Resultado curvas Tiempo-Corriente (TCC) tablero de cuarto eléctrico 31
Ilustración 5 Límites de aproximación extraída de la NFPA 70E 37
Ilustración 6 Espacios de Trabajo 38
Ilustración 7 Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente alterna. Tomado del RETIE 38

1. Descripción y alcance del proyecto

El presente proyecto contempla el diseño detallado para el parque de la salud, ubicado en el municipio de Bugalagrande, departamento de Valle del Cauca, Colombia. El diseño se desarrolla conforme a los lineamientos establecidos en la Resolución 40117 de 2024 (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE), aplicando además la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 segunda edición (2024), y demás normativas técnicas complementarias que se especifican en las respectivas secciones del informe.

El parque es existente y será remodelado, considerando un nuevo diseño de iluminación e instalaciones eléctricas, es alimentado por un transformador monofásico de 50kVA, 13,2kV/240-120V, hasta el Tablero de Contador con cable 1/0 AWG para las fases y 2 AWG para el neutro. Las instalaciones existentes serán reemplazadas por las especificadas en este proyecto, desde la caja contador hasta el TDG y los ramales.

La caja contador deberá ser reemplazada por una caja contador antifraude sencilla con protección policarbonato con espacio para totalizador, y de acuerdo con lo especificado en esta memoria y en el plano “P-025-26-ParqueBiosaludableElJardin_E100”, se instalará una protección 2x32A aguas abajo del contador dentro de su caja. En el barraje de neutro de la caja contador se conectará un electrodo de cobre de 5/8”x2.4m por medio de un cable de cobre 2 AWG, como referencia del sistema.

Para mayor claridad, en la Tabla 1 se presenta la descripción georreferenciada del proyecto, junto con los parámetros técnicos relevantes de las instalaciones del parque.

Tabla 1 Descripción Proyecto

Descripción	Valor
Nombre Proyecto	Parque de la Salud
Ubicación	Municipio de Bugalagrande, Valle del Cauca
Latitud	4.20923
Longitud	-76.16068
Cliente	Ing. Juan Pablo Tascón
Descripción Instalación	Parque público
Fuente de energía	Transformador 50kVA 13,2kV/240-120V
Tipo de corriente	Corriente alterna monofásica, 240/120 Vac, 60 Hz
Profundidad cables de tierra	0,5 metros
Profundidad tubería eléctrica	0,6 metros

2. Diseño eléctrico detallado – Resolución 40117 de 2024 (RETIE)

A continuación, se presentan los ítems aplicables al diseño detallado de acuerdo con el artículo 3.3.1.1 del RETIE para diseño de instalaciones eléctricas.

Tabla 2 Aplicabilidad de ítems aplicables al diseño detallado al proyecto

Item	*Descripción*	*Aplica (SI/NO)*
a	*Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.*	*SÍ*
b	*Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección.*	*Sí*
c	*Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos.*	*SÍ*
d	*Coordinación de aislamiento eléctrico.*	*SÍ*
e	*Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra.*	*SÍ*
f	*Análisis del nivel tensión requerido.*	*SÍ*
g	*Cálculos de campos electromagnéticos.*	*No*
h	*Cálculo de transformadores incluyendo efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.*	*No*
i	*Sistema de puesta a tierra.*	*SÍ*
j	*Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.*	*Sí*
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, de acuerdo con la norma IEC 60909 u otra equivalente.*	*SÍ*
l	*Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación.*	*No*
m	*Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.*	*SÍ*
n	*Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.)*	*SÍ*
o	*Cálculo de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.*	*SÍ*
p	*Cálculos de regulación de tensión.*	*SÍ*
q	*Áreas clasificadas como peligrosas.*	*No*
r	*Diagramas unifilares.*	*SÍ*
s	*Planos eléctricos para construcción.*	*SÍ*
t	*Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.*	*SÍ*
u	*Distancias de seguridad o servidumbre requeridas.*	*SÍ*
v	*Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.*	*Sí*
w	*Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.*	*No*
x	*Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.*	*No*

a. Análisis de riesgo de origen eléctrico

Este capítulo presenta el análisis sistemático de los riesgos eléctricos asociados al diseño, instalación y operación de los tableros eléctricos en el parque de la Salud diseñado. El análisis se fundamenta en los principios de seguridad eléctrica establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones

Eléctricas (RETIE), la Norma Técnica Colombiana NTC 2050, y las directrices de clasificación de áreas peligrosas contenidas en la API RP 500.

Este análisis no solo busca cumplir con los requisitos normativos, sino también garantizar la integridad de las personas, la continuidad operativa del sistema, y la prevención de eventos críticos como incendios, explosiones o fallas por arco eléctrico. Las medidas propuestas se documentan con base en criterios técnicos verificables, permitiendo su trazabilidad y validación en auditorías de cumplimiento.

Se requiere el seguimiento de la tabla 1.5.1.4.1.b del RETIE para las decisiones y acciones para controlar el riesgo dependiendo del nivel de riesgo asociado.

Tabla 3 Decisiones y acciones para controlar riesgo dependiendo del nivel de riesgo asociado - tabla 1.5.1.4.b del RETIE

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisible para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingenierpia o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos laternaticos 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 al riesgo, aislar con barrerars 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 de 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

Tabla 1.5.1.4.1.a. Matriz para análisis de riesgos

Quemadura	por	Contacto directo	(al) o (en)	Tableros y circuitos ramales
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUENTE

RIESGO A EVALUAR:

RIESGO POTENCIAL ☐	RIESGO MATERIALIZADO ☐	PROBABILIDAD ☐

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) 1D	**Daños leves. No interrupción 1D**	**Sin efecto 1D**	**Interna 1D**	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Posibles causas

Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.

Medidas para mitigarlo:

- Barreras físicas y señalización en tableros
- Uso obligatorio de EPP dieléctrico
- Procedimientos de bloqueo y etiquetado (LOTO)
- Verificación de tensión antes de intervención
- Capacitación específica en riesgo eléctrico para personal autorizado

Resultados de Análisis de matriz de riesgos

Nivel más crítico de consecuencias	2
Nivel más crítico de frecuencias	D
Nivel de riesgo	BAJO

Decisiones y acciones para controlar el riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	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?

Luis Arturo Guevara Cano	AN205-158668	Medellín, Colombia	01.07.2026
Evaluador	Matrícula profesional	Lugar de evaluación	Fecha

Tabla 1.5.1.4.1.a. Matriz para análisis de riesgos

Falta de servicios escenciales	por	Ausencia de electricidad	(al) o (en)	Tablero eléctrico o ramales
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

RIESGO A EVALUAR:

RIESGO POTENCIAL ☐	RIESGO MATERIALIZADO ☐	PROBABILIDAD ☐

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) 1E	**Daños leves. No interrupción 1E**	**Sin efecto 1E**	**Interna 1E**	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Posibles causas

Fallas en paneles solares o día de sombra.

Medidas para mitigarlo:

- Dimensionamiento adecuado del banco de baterías para autonomía crítica (<=72h)
- Monitoreo del estado de carga.
- Alarmas por baja tensión o pérdida de energía.
- Instrumentación con memoria no volátil para conservar datos ante apagones.

Resultados de Análisis de matriz de riesgos

Nivel más crítico de consecuencias	1
Nivel más crítico de frecuencias	E
Nivel de riesgo	MUY BAJO

Decisiones y acciones para controlar el riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Luis Arturo Guevara Cano	AN205-158668	Medellín, Colombia	01.07.2026
Evaluador	Matrícula profesional	Lugar de evaluación	Fecha

Tabla 1.5.1.4.1.a. Matriz para análisis de riesgos

Electrocución	por	Contacto indirecto	(al) o (en)	Tablero, circuitos ramales
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

RIESGO A EVALUAR:

RIESGO POTENCIAL			RIESGO MATERIALIZADO		PROBABILIDAD				
	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
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) 1D	**Daños leves. No interrupción 1D**	**Sin efecto 1D**	**Interna 1D** 1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Posibles causas

Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.

Medidas para mitigarlo:

Se considera que el sistema está adecuadamente conectado a tierra y equipotencializado.
- Conexión a tierra de partes metálicas expuestas y equipotencialización.
- Verificación periódica de continuidad de tierra.
- Capacitación en identificación de contacto indirecto

Resultados de Análisis de matriz de riesgos

Nivel más crítico de consecuencias	1
Nivel más crítico de frecuencias	D
Nivel de riesgo	BAJO

Decisiones y acciones para controlar el riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	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?

Luis Arturo Guevara Cano	AN205-158668	Medellín, Colombia	01.07.2026
Evaluador	Matrícula profesional	Lugar de evaluación	Fecha

Tabla 1.5.1.4.1.a. Matriz para análisis de riesgos

Falla de equipos	por	Cortocircuito	(al) o (en)	Tablero, circuitos ramales
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

RIESGO A EVALUAR:

RIESGO POTENCIAL ☐	RIESGO MATERIALIZADO ☐	PROBABILIDAD ☐

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) 1D	**Daños leves. No interrupción 1D**	**Sin efecto 1D**	**Interna 1D**	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Posibles causas

Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, humedades, equipos defectuosos.

Medidas para mitigarlo:

- Instalación de fusibles o disyuntores adecuados para corriente AC.
- Verificación de torque y calidad de conexiones en tableros.
- Mantenimiento preventivo con inspección térmica y visual.

Resultados de Análisis de matriz de riesgos

Nivel más crítico de consecuencias	1
Nivel más crítico de frecuencias	D
Nivel de riesgo	BAJO

Decisiones y acciones para controlar el riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	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?

Cano	AN205-158668	Medellín, Colombia	01.07.2026
Evaluador	Matrícula profesional	Lugar de evaluación	Fecha

Tabla 1.5.1.4.1.a. Matriz para análisis de riesgos

Daños en instalaciones, electrocución	por	Electricidad estática	(al) o (en)	Ambiente, equipos
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

RIESGO A EVALUAR:

RIESGO POTENCIAL ☐	RIESGO MATERIALIZADO ☐	PROBABILIDAD ☐

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 muerte	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) 2E	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	**Daños leves. No interrupción 1E**	**Sin efecto 1E**	**Interna 1E**	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Posibles causas

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

Medidas para mitigarlo:

- Conexión equipotencial y puesta a tierra de equipos, estructuras y operarios.
- Uso de ropa, calzado y suelos antiestáticos.
- Control ambiental: mantener humedad relativa >50%.
- Evitar pulverización, aspersión o caída libre de líquidos inflamables.
- Aplicación de ionizadores o aditivos conductivos en superficies plásticas

Resultados de Análisis de matriz de riesgos

Nivel más crítico de consecuencias	2
Nivel más crítico de frecuencias	E
Nivel de riesgo	BAJO

Decisiones y acciones para controlar el riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	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?

Luis Arturo Guevara Cano	AN205-158668	Medellín, Colombia	01.07.2026
Evaluador	Matrícula profesional	Lugar de evaluación	Fecha

Tabla 1.5.1.4.1.a. Matriz para análisis de riesgos

Daños en las isntalaciones, pérdida de materiales	por	Equipo defectuoso	(al) o (en)	Cualquier lugar de la instalación
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

RIESGO A EVALUAR:

RIESGO POTENCIAL ☐	RIESGO MATERIALIZADO ☐	PROBABILIDAD ☐

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 4E	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	**Daños severos. Interrupción temporal} 3E**	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (Sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	**Local 2E**	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	**Sin efecto 1E**	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Posibles causas

Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado

Medidas para mitigarlo:

- Implementar redundancia de sensores o verificación cruzada con métodos manuales.
- Calibración periódica con gas patrón y verificación de punto cero.
- Registro de mantenimiento y pruebas funcionales como parte del informe RETIE.
- Implementación de UPS para respaldo de energía ante respaldos en la red.

Resultados de Análisis de matriz de riesgos

Nivel más crítico de consecuencias	4
Nivel más crítico de frecuencias	E
Nivel de riesgo	**MEDIO**

Decisiones y acciones para controlar el riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo	El líder de grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro - ATS y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo - PT según procedimiento establecido.

Luis Arturo Guevara Cano	AN205-158668	Medellín, Colombia	01.07.2026
Evaluador	Matrícula profesional	Lugar de evaluación	Fecha

Tabla 1.5.1.4.1.a. Matriz para análisis de riesgos

Quedamuras y pérdidas económicas	por	Rayos	(al) o (en)	cambios climatológicos
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

RIESGO A EVALUAR:

RIESGO POTENCIAL			RIESGO MATERIALIZADO		PROBABILIDAD				
	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
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) 3E	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional 3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (Sin incapacidad)	**Daños importantes. Interrupción breve 1E**	Efecto menor	**Local 2E** 2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	**Sin efecto 1E**	Interna 1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Posibles causas

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

Medidas para mitigarlo:

- Captadores tipo pararrayos
- Bajantes con trayectoria directa al electrodo
- Separación física de canalizaciones sensibles
- Verificación anual de resistencia y estado de conexiones.
- Interconexión equipotencial de todas las tierras

Resultados de Análisis de matriz de riesgos

Nivel más crítico de consecuencias	3
Nivel más crítico de frecuencias	E
Nivel de riesgo	BAJO

Decisiones y acciones para controlar el riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	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

Luis Arturo Guevara Cano	AN205-158668	Medellín, Colombia	01.07.2026
Evaluador	Matrícula profesional	Lugar de evaluación	Fecha

Tabla 1.5.1.4.1.a. Matriz para análisis de riesgos

Lesiones personales o muerte	por	Sobrecargas	(al) o (en)	Circuitos ramales
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

RIESGO A EVALUAR:

RIESGO POTENCIAL ☐	RIESGO MATERIALIZADO ☐	PROBABILIDAD ☐

	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
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) **1E**	**Daños leves. No interrupción** **1E**	**Sin efecto** **1E**	**Interna** **1E**	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Posibles causas

Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, componentes obsoletos o defectuosos (fusibles, disyuntores que no disparan).

Medidas para mitigarlo:

- Verificación de carga conectada vs capacidad nominal del circuito.
- Instalación de protecciones contra sobrecorriente (fusibles, disyuntores).
- Inspección térmica periódica de canalizaciones.

Resultados de Análisis de matriz de riesgos

Nivel más crítico de consecuencias	1
Nivel más crítico de frecuencias	E
Nivel de riesgo	MUY BAJO

Decisiones y acciones para controlar el riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Luis Arturo Guevara Cano	AN205-158668	Medellín, Colombia	01.07.2026
Evaluador	Matrícula profesional	Lugar de evaluación	Fecha

Tabla 1.5.1.4.1.a. Matriz para análisis de riesgos

Quemaduras o pérdidas económicas	por	Arcos eléctricos	(al) o (en)	Tablero
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

RIESGO A EVALUAR:

RIESGO POTENCIAL		RIESGO MATERIALIZADO		PROBABILIDAD	

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) 3E	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (Sin incapacidad)	**Daños importantes. Interrupción breve 2E**	Efecto menor	**Local 2E**	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	**Sin efecto 1E**	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Posibles causas

Malos contactos, cortocircuitos, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.

Medidas para mitigarlo:

- Etiquetado de riesgo de arco eléctrico con distancia de trabajo y EPP requerido.
- Uso de EPP certificados.
- Mantenimiento preventivo: limpieza, torque de conexiones, inspección térmica.
- Limitadores de corriente y protecciones rápidas para reducir la duración del arco.
- Uso de fusibles rápidos o disyuntores DC para limitar la duración del arco.
- Inspección periódica para detectar polvo, humedad o corrosión.
- Etiquetado de riesgo DC por presencia de baterías.

Resultados de Análisis de matriz de riesgos

Nivel más crítico de consecuencias	3
Nivel más crítico de frecuencias	E
Nivel de riesgo	BAJO

Decisiones y acciones para controlar el riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	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

Luis Arturo Guevara Cano	AN205-158668	Medellín, Colombia	01.07.2026
Evaluador	Matrícula profesional	Lugar de evaluación	Fecha

Tabla 1.5.1.4.1.a. Matriz para análisis de riesgos

Lesiones personales o muerte	por	Tensión de contacto	(al) o (en)	:quipos o estructuras metálica:
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

RIESGO A EVALUAR:

RIESGO POTENCIAL ☐	RIESGO MATERIALIZADO ☐	PROBABILIDAD ☐

	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
Consecuencias	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente 4E	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 2E**	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	**Daños leves. No interrupción 1E**	**Sin efecto 1E**	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Posibles causas

Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.

Medidas para mitigarlo:

- Diseño adecuado del sistema de puesta a tierra.
- Pararrayos con bajantes directos al sistema de tierra.
- Verificación anual de resistencia y continuidad.
- Uso de calzado dieléctrico y ropa antiestática.
- Verificación de continuidad de tierra antes de mantenimiento.
- Capacitación en riesgos de paso y contacto.

Resultados de Análisis de matriz de riesgos

Nivel más crítico de consecuencias	4
Nivel más crítico de frecuencias	E
Nivel de riesgo	**MEDIO**

Decisiones y acciones para controlar el riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo	El líder de grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro - ATS y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo - PT según procedimiento establecido.

Luis Arturo Guevara Cano	AN205-158668	Medellín, Colombia	01.07.2026
Evaluador	Matrícula profesional	Lugar de evaluación	Fecha

Tabla 1.5.1.4.1.a. Matriz para análisis de riesgos

Lesiones personales o muerte	por	Tensión de paso	(al) o (en)	ERM
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

RIESGO A EVALUAR:

RIESGO POTENCIAL ☐	RIESGO MATERIALIZADO ☐	PROBABILIDAD ☐

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 4E	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 2E**	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	**Daños leves. No interrupción 1E**	**Sin efecto 1E**	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Posibles causas

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

Medidas para mitigarlo:

- Diseño adecuado del sistema de puesta a tierra.
- Pararrayos con bajantes directos al sistema de tierra.
- Verificación anual de resistencia y continuidad.
- Uso de calzado dieléctrico y ropa antiestática.
- Verificación de continuidad de tierra antes de mantenimiento.
- Capacitación en riesgos de paso y contacto.

Resultados de Análisis de matriz de riesgos

Nivel más crítico de consecuencias	3
Nivel más crítico de frecuencias	D
Nivel de riesgo	**MEDIO**

Decisiones y acciones para controlar el riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo	El líder de grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro - ATS y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo - PT según procedimiento establecido.

Luis Arturo Guevara Cano	AN205-158668	Medellín, Colombia	01.07.2026
Evaluador	Matrícula profesional	Lugar de evaluación	Fecha

b. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección.

La actividad eléctrica atmosférica representa una amenaza significativa para las personas, estructuras y equipo. A continuación, se presentan los conceptos base del análisis de riesgo por descargas atmosféricas.

La evaluación **del riesgo por descargas atmosféricas** conforme a la **IEC 62305-2** y su adaptación nacional en la **NTC 4552** es realizada para las instalaciones, con el fin de determinar la necesidad de implementar medidas de protección contra el rayo y justificar técnica y reglamentariamente su alcance.

La metodología empleada responde al enfoque probabilístico definido por la norma, que considera si el rayo impacta de forma directa o indirecta sobre la estructura, distinguiendo cuatro posibles **fuentes de daño**:

- S1: Descargas directas en la estructura
- S2: Descargas cerca de la estructura
- S3: Descargas en líneas conectadas a la estructura
- S4: Descargas cerca de líneas conectadas a la estructura

Estas fuentes pueden generar tres **tipos de daños**:

- D1: Daños a seres vivos
- D2: Daños físicos a la estructura
- D3: Fallos en sistemas eléctricos y electrónicos

En función de los daños, se evalúan cuatro **tipos de pérdidas**:

- L1: Pérdida de vidas humanas
- L2: Pérdida de servicio público
- L3: Pérdida de patrimonio cultural
- L4: Pérdida económica

El **riesgo R** se define como el valor de las pérdidas anuales medias probables, calculado como:

$$R = N * P * L$$

Donde:

- N: Número anual de eventos peligrosos (impactos esperados)
- P: Probabilidad de daño
- L: Pérdida estimada

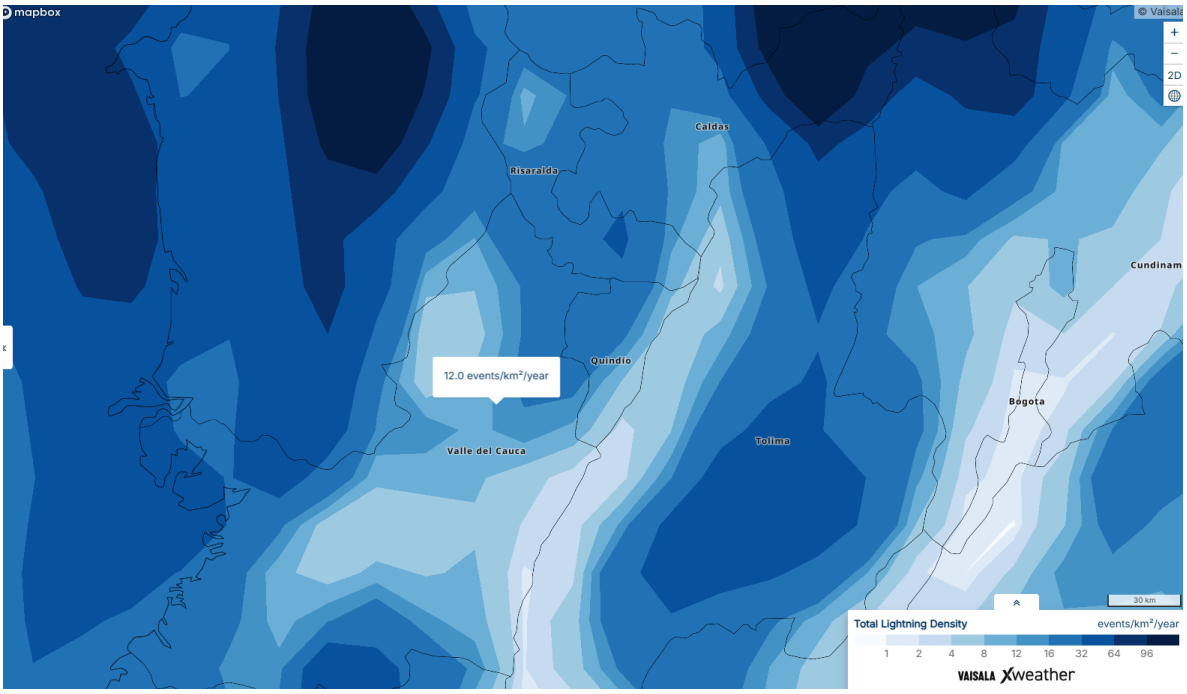
Con el fin de reducir el riesgo de daños por descarga de rayo, la norma contempla tres tipos de medidas de protección:

- Protección externa: Pararrayos, mallas de tierra, apantallamiento
- Protección interna: Protección contra sobretensiones, blindaje de líneas
- Protección preventiva: Procedimientos operativos, señalización, mantenimiento

El resultado de esta evaluación permitirá:

- Determinar si el riesgo total supera los valores de tolerancia definidos por la norma.
- Justificar la implementación o exclusión de sistemas de protección adicionales.
- Documentar la trazabilidad técnica y normativa del diseño, como parte integral del cumplimiento del RETIE y de las buenas prácticas de ingeniería en instalaciones críticas.

De acuerdo con el mapa de Densidad de Descargas Atmosféricas a Tierra (DDT) publicado por Vaisala X Weather Interactive Global Lightning Density Map, en Colombia en el departamento del Valle del Cauca en la zona de Bugalagrande, la **DDT ≈ 12 flash/km²·año** para la cuadrícula correspondiente a Bugalagrande, en la zona del parque proyectado.



En el anexo “P-025-26_SIPRA_EvaluacionRiesgo_SinPR” se confirma que sin implementar sistema de protección externo e instalando un descargador de sobretensiones tipo I + II, se cumple con los riesgos tolerables. A continuación, se presentan los resultados del análisis de riesgos, en donde se identifica que el riesgo está dentro del rango tolerable.

Riesgo general - Sin Protección contra Rayos				
	Riesgo calculado (R)	Riesgo aceptable (Ra)	Riesgo de impacto directo (Rd)	Riesgo de impacto indirecto (Ri)
Pérdida de vida humana	9,31E-06	1,0E-05	8,18E-06	1,13E-06
Pérdida de servicios esenciales	0,00E+00	1,0E-03	0,00E+00	0,00E+00
Pérdida de herencia cultural	0,00E+00	1,0E-03	0,00E+00	0,00E+00
Pérdida económica	5,94E-06	1,0E-03	3,28E-06	2,66E-06

Todos los elementos metálicos por instalar deben ser equipotencializados. Desde el barraje del contador se llevará la puesta a tierra hacia los demás tableros, y los ramales se equipotencializarán desde el tablero minipragma especificado en el plano "P-025-26-ParqueBiosaludableElJardin_E100". Las partes metálicas de los postes de iluminación y luminarias serán equipotencializadas desde la puesta a tierra de la luminaria instalada. Para el cerramiento de la cancha, se deberá llevar un cable desde el tablero minipragma hasta la malla de cerramiento. La puerta de la cancha deberá ser equipotencializada desde la malla de cerramiento usando cable de cobre 2 AWG, que deberá ser pintado superficialmente para prevenir robo del conductor.

A continuación, se presenta una explicación del sistema de protección interna y externa contra rayos.

b.1.1 Protección externa contra rayos

La protección externa tiene por finalidad captar y canalizar los impactos directos de rayos, derivando la descarga de forma segura al sistema de puesta a tierra, protegiendo así edificios, estructuras o personas. Dicha protección consta de tres partes principales:

1. Sistema de captación: puntas captadoras, hilos de guarda, conductores enmallados o combinación de estos.
2. Conductores bajantes.
3. Sistema de puesta a tierra y equipotencialización.

Los sistemas de captación instalados en una estructura deberán colocarse en las esquinas, ángulos, o partes salientes y deberán de estar conformes con uno o varios de los siguientes métodos:

- Método del ángulo de protección
- Método de la esfera rodante
- Método de la malla

El método de la esfera rodante es apropiado en todos los casos, consiste en hacer rotar una circunferencia de radio r (r= radio de la esfera rodante) sobre la estructura o edificio a proteger, para ver en que partes hará contacto y se deberán colocar protecciones. Éste es el aplicado en este proyecto.

b.1.1 Protección interna

Los DPS tienen como objeto salvaguardar a los equipos eléctricos y/o electrónicos conectados a la red eléctrica o de telecomunicaciones, así como a las personas que se encuentran en el edificio, de las sobretensiones transitorias que puedan aparecer en caso de impactos de rayos.

Las sobretensiones transitorias son picos de tensión de muy corta duración y de gran amplitud que pueden producir daños graves a los equipos sensibles, cortes en las líneas y envejecimiento prematuro de los componentes.

La magnitud de la sobretensión transitoria que puede aparecer dependerá de numerosos factores, entre ellos:

- Las características de la línea (apantallada o no, enterrada o aérea)
- La proximidad del impacto del rayo
- La existencia de transformador
- El valor de la corriente del impacto del rayo, etc.

La incidencia que la sobretensión tiene en la seguridad de las personas, instalaciones y equipos, así como su repercusión en la continuidad del servicio puede variar en función de:

- La coordinación del aislamiento de los equipos.
- Las características de los dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias, su instalación y su ubicación.
- La existencia de una adecuada red de tierras para la disipación de estas corrientes y equipotencialización de elementos metálicos no energizados.

c. Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos

Las instalaciones eléctricas diseñadas corresponden al sistema de alimentación de las luminarias del parque y las instalaciones eléctricas relacionadas a la alimentación del parque, provenientes de un transformador de potencia monofásico 13.2kV/240-120V de 50kVA ubicado a unos 80 metros de distancia del contador.

Las instalaciones eléctricas estarán distribuidas en 3 tableros:

1. Tablero caja contador con espacio para protección.
2. Cofre 40x30x20cm IP 54 con temporizador, contactor y descargador de sobretensiones.
3. Tablero minipragma 2240V 8 circuitos con protecciones de ramales de iluminación.

Las cargas por instalar corresponden a las siguientes de acuerdo con el diseño de iluminación entregado por el cliente:

- 14 luminarias referencia ALBA 1-4000K80W
- 4 proyectores AVIOR S 100 W 5000K 120-277Vac
- 4 luminaria LED Hermética 36 W 4500Lm 6500K 100-277V

A continuación, se presentan las cargas y protecciones por instalar en cada tablero:

Tabla 4 Totalizador en caja contador y en Cofre

TOTALIZADOR Y ALIMENTADOR PRINCIPAL																					
Nº	ID CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	TIPO RED	CANT. UNID.	VA UNIT.	VA INST. TOTAL	FP	FD	W INST. TOTAL	VA DEMANDA	W DEMANDA	CORRIENTE DISEÑO (A)	CORRIENTE *1,25 (A)	BREAKER (A)	CALIBRE FASE AWG	CALIBRE NEUTRO AWG	CALIBRE TIERRA AWG	TUBERÍA (pulg)	FASES	TENSION (V)	CIRCUITO RAMAL
1	T-1	Totalizador Contador	Normal	1	1.664,00	1.664	0,90	1,0	1.498	1.664	1.498	6,93	8,67	32	10	10	8	0,75	1	240	MONOFÁSICO
2	T-2	Totalizador en Gabinete Temporizador T-Temp	Normal	1	1.664,00	1.664	0,90	1,0	1.498	1.664	1.498	6,93	8,67	30	10	10	10	0,75	1	240	MONOFÁSICO

Tabla 5 Elementos por instalar en cofre gabinete totalizador y DPS

T-Temp	GABINETE TEMPORIZADOR Y DPS					POSTE CONTADOR				CUADRO DE CARGAS ELÉCTRICAS											
Nº	ID CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	TIPO RED	CANT. UNID.	VA UNIT.	VA INST. TOTAL	FP	FD	W INST. TOTAL	VA DEMANDA	W DEMANDA	CORRIENTE DISEÑO (A)	CORRIENTE *1,25 (A)	BREAKER (A)	CALIBRE FASE AWG	CALIBRE NEUTRO AWG	CALIBRE TIERRA AWG	TUBERÍA (pulg)	FASES	TENSION (V)	CIRCUITO RAMAL
1	N-1	DPS 3F+N	Normal	1	0	0	1,00	1,0	0	0	0	0	0	20	12	12	8		1	240	MONOFÁSICO
2																					
3	N-temp	Temporizador	Normal	1	10	10	0,90	1,0	9	10	9	0,04	0,05	6	14	14	14	0,75	1	240	MONOFÁSICO
4	N-Cont	Contactor hacia TDG	Normal	1	1.664	1.664	0,90	1,0	1.498	1.664	1.498	6,93	8,67	20	10	10	10	0,75	1	240	MONOFÁSICO
TOTALES						10			9	10	9										

Tabla 6 Protecciones de circuitos en tablero minipragma

TDG - TN	TABLERO DISTRIBUCIÓN GENERAL					GRADERÍAS				CUADRO DE CARGAS ELÉCTRICAS - CIRCUITOS RAMALES											
Nº	ID CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	TIPO RED	CANT. UNID.	VA UNIT.	VA INST. TOTAL	FP	FD	W INST. TOTAL	VA DEMANDA	W DEMANDA	CORRIENTE DISEÑO (A)	CORRIENTE *1,25 (A)	BREAKER (A)	CALIBRE FASE AWG	CALIBRE NEUTRO AWG	CALIBRE TIERRA AWG	TUBERÍA (pulg)	FASES	TENSION (V)	CIRCUITO RAMAL
1	N-2	Iluminación Canchas	Normal	4	100	400	0,90	1,0	360	400	360	1,67	2,08	6	14	14	14	0,75	1	240	MONOFÁSICO
2	N-3	Iluminación Graderías	Normal	4	36	144	0,90	1,0	130	144	130	0,60	0,75	6	14	14	14	0,75	1	240	MONOFÁSICO
3	N-4	Iluminación Exterior	Normal	14	80	1.120	0,90	1,0	1.008	1.120	1.008	4,67	5,83	6	12	12	14	0,75	1	240	MONOFÁSICO
TOTALES						1.664			1.498	1.664	1.498										

Considerando que el conductor 1/0 AWG de la acometida existente, se determina que el sistema tiene capacidad suficiente para suplir la carga adicional que representa un total de 1.6 kVA @ 240 V monofásico.

d. Coordinación de aislamiento eléctrico

El sistema eléctrico opera en configuración monofásica 240 V (2F+N+T), con equipos conectados entre fase-fase. Para equipos conectados a 120 V y 240 V, se exige un nivel de impulso básico (BIL) mínimo de 2,5 kV en tableros de distribución, de 1.5kV para cargas o equipos de consumo.

Se ha verificado que el dispositivo de protección contra sobretensiones (DPS) para el sistema en AC DEHN DEHNventil M TT 255 FM presenta una tensión de protección Up ≤ 1,5 kV, compatible con el BIL de 2,5 kV del sistema a 240-120 V.

Los equipos de maniobra y cableado poseen aislamiento conforme al nivel de impulso exigido. Esta coordinación de aislamiento garantiza la protección integral del sistema y el cumplimiento de los requisitos establecidos por el RETIE, la NTC 2050 y las buenas prácticas de ingeniería.

e. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra

El presente documento presenta los cálculos requeridos por el numeral 3.3.1.1 del RETIE 2024, relacionados con el análisis de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra, para evaluación del alimentador y tablero a 240Vac a instalar, en cumplimiento de los principios de seguridad eléctrica, confiabilidad operativa y compatibilidad normativa.

e.1 Análisis de cortocircuito

El nivel de cortocircuito del sistema de potencia se ha calculado considerando el método punto a punto, en el que se tiene en cuenta la capacidad del transformador de potencia y sus características, el nivel de tensión y tipo de sistema, el alimentador. A continuación, se presenta el procedimiento y resultado del cálculo y dimensionamiento.

PARQUE DE LA SALUD

BUGALAGRANDE

Available Fault Current Calculation

by:John Sokolik Ver. 4.00

Utility Fault Current		amperes	kVA =	50	
			E =	240	
I = kVA x 1000 / E = trans. FLA			trans. FLA =	208	
I_{sca} = trans. FLA x 100 / transformer Z =				208	
				3	%
I_{sca} = ampere short-circuit current RMS symmetrical.			I_{sca} =	6.944	amperes
Point to Point Method					Single Phase 240/120
	Length (distance)		L =	80	Copper in Nonmetallic Racev
'f ' factor = 2 x L x I / N x C x E L-N	(ASC)		I_{sca} =	6.944	
	# conductors per phase		N =	1	
	Phase conductor constant		C =	9.317	Phase Conductor 1/0
	Volt Line to Line		E L - L =	**240**	Volt
			f =	0,497	
	Neutral conductor constant		C =	7.681	Neutral Conducto 2
Multiplier	Volt Line to Neutral		E L - N =	**120**	Volt
			f =	1,206	
M = 1 / 1 + f					
	Line to Line		M =	0,668	
	Line to Neutral		M =	0,453	

Fault Current at Service Equipment

I_{sca} x M = fault current at terminals of main disconnect L- L =	**4.639**	**amperes**
I_{sca} x M = fault current at terminals of main disconnect L- N =	**4.723**	**amperes**

Todos los interruptores por instalar en tableros, deben considerar una capacidad de cortocircuito igual o mayor a 6kA, de acuerdo con el diagrama unifilar del anexo "*P-025-26-ParqueBiosaludableElJardin_DU_E100.dwg*".

e.2 Análisis de arco eléctrico

Los siguientes parámetros son los considerados para el cálculo basado en el método IEEE 1584:

- Tensión: 240 V (monofásico)
- Corriente de cortocircuito disponible: 4.8kA, asumido de acuerdo con la sección e.1
- Entorno de instalación, k1: caja cerrada (panel), -0.555
- Distancia entre conductores G = 25mm

- Distancia de trabajo D = 455 mm (para “Low Voltage MCCs and panelboards”)
- Exponente de distancia x = 1,641 (sistema en caja BT)
- Sistema: aterrizado, k = -0.097, k2 = -0,113
- Factor de cálculo Cf = 1,5 (<=1kV)
- Tiempo de despeje de falla t = 0,10 s

Corriente de arco Ia

Para V < 1kV y arco en caja:

$$Lg(I_a) = k + 0{,}662L_g(I_{bf}) + 0{,}0966V + 0{,}000526G + 0{,}5588V\left(L_g(I_{bf})\right) - 0{,}00304G(L_g(I_{bf}))$$

Ia	Ia = 2.69 kA

La corriente de arco (2,69 kA) es menor que la corriente de falla (6 kA) porque el arco introduce impedancia adicional al circuito. Esto es una característica fundamental del fenómeno del arco eléctrico.

Energía incidente E a la distancia de trabajo

Se utiliza la siguiente ecuación de la IEEE 1584:

$$LgE_n = k1 + k2 + 1{,}081LgIa + 0{,}0011G$$

$$E = 4{,}184C_f\,E_n\,\frac{t}{0{,}2}\,\frac{610^x}{D^x}$$

Conversión a cal/cm² (1 cal = 4,184 J):

E [cal/cm²] = 3.387 J/cm²

E = 0.809 cal/cm²

En el peor caso, la energía incidente se mantiene muy por debajo del umbral de 1,2 cal/cm2.

Determinación de categoría PPE y Límite de arco

Tabla 7 Determinación categoría PPE

Parámetro	Valor calculado	Criterio NFPA 70E:2024
Energía incidente (E)	**0.809 cal/cm²**	Umbral AFB = 1,2 cal/cm²
¿E >= 1,2 cal/cm²? (dentro del AFB)	**NO**	Punto de trabajo FUERA del límite de arco
Categoría PPE aplicable (NFPA 70E:2024)	**No aplica Cat. 1-4**	Cat. 0 eliminada en 2015 – No se requiere ropa AR

Al estar el punto de trabajo fuera del límite de arco eléctrico (E < 1,2 cal/cm²), no se requiere ropa clasificada para arco (arc-rated). Sin embargo, se establece el siguiente EPP mínimo conforme a **NFPA 70E:2024 y RETIE 2024:**

Tabla 8 Especificación PPE

#	Elemento EPP	Especificación mínima	Norma
1	Casco dieléctrico	Clase E (20 kV)	ANSI Z89.1
2	Gafas de seguridad	Resistentes a impacto	ANSI Z87.1
3	Guantes dieléctricos	Clase 00 (500 V AC)	IEC 60903
4	Ropa de trabajo	Fibra natural 100% (algodón) – sin materiales sintéticos	NFPA 70E:2024 130.7(C)(9)
5	Calzado dieléctrico	Punta reforzada no conductora	ICONTEC / RETIE

e.3 Análisis de falla a tierra

En el diseño se han implementado las siguientes medidas:

- Sistema de puesta a tierra de baja impedancia según lo especificado en la sección i.
- Equipotencialidad de estructuras metálicas y canalizaciones.
- Protección contra falla a tierra mediante interruptores.

Conforme a la clasificación IEC 60364 adoptada por NTC 2050:2024, el sistema de puesta a tierra de la instalación es tipo **TN-S**: neutro sólidamente aterrizado en la fuente (transformador), conductor de protección (PE) separado del neutro en toda la instalación, desde la acometida hasta los puntos de utilización.

Dimensionamiento del Conductor de Puesta a Tierra de Equipos (EGC)

La NTC 2050:2024 Sección 250.122 establece la sección mínima del EGC en función de la protección de sobrecorriente del circuito:

Tabla 9 Calibre mínimo de conductor EGC de acuerdo con tabla 250.122 NTC 2050:2024

Protección (A)	EGC mínimo (cobre)	AWG	Sección mm²
15	14 AWG	14	2,08 mm²
20	12 AWG	12	3,30 mm²
60	10 AWG	10	5,25 mm²

100	8 AWG	8	8,36 mm²
200	6 AWG	6	13,29 mm²
300	4 AWG	4	21,14 mm²
400	3 AWG	3	26,66 mm²
500	2 AWG	2	33,62 mm²
600	1 AWG	1	42,2 mm²

De acuerdo con esta tabla, de la NTC 2050, se han determinado los calibres de tierra en el sistema para los diferentes ramales. El tramo de cable de tierra entre el barraje de tierra de la caja contador, el barraje de tierra del cofre y el descargador de sobretensiones, será en cable 8 AWG de cobre para reducir la resistencia ante fallas.

e.4 Conclusiones generales

El sistema cumple con los criterios exigidos por el RETIE en cuanto a:

- Capacidad de los conductores y protecciones frente a cortocircuitos.
- Niveles de energía incidente bajos.
- Retorno seguro en caso de fallas a tierra.
- Compatibilidad de interruptores automáticos con las corrientes de falla proyectadas.

Se realizan las siguientes recomendaciones adicionales:

i. Etiquetar puntos de mantenimiento con nivel de EPP, por ejemplo:

Tabla 10 Etiquetado puntos de mantenimiento con nivel de EPP

Campo	Valor sugerido / desde cálculo
Tensión nominal del sistema	240
Límite de arco (Arc Flash Boundary), mm	358.86
Energía incidente a distancia de trabajo (cal/cm²)	0.809
Distancia de trabajo considerada, mm	455
Categoría de EPP (si se usa método de categorías)	No aplica Cat. 1-4
Nivel mínimo de arco del vestuario (opcional)	- Casco dieléctrico Clase E (20 kV) - Gafas de seguridad Resistentes a impacto - Guantes dieléctricos Clase 00 (500 V AC) - Ropa de trabajo Fibra natural 100% (algodón) – sin materiales sintéticos - Calzado dieléctrico Punta reforzada no conductora

ii. Verificar resistencia de puesta a tierra en campo (valor objetivo < 10 Ohm).

f. Análisis del nivel tensión requerido.

A continuación, se presenta la información del sistema relevante para el análisis de nivel de tensión requerido.

Tabla 11 Descripción niveles de tensión

Parámetro	Descripción
Tensión nominal	240/120Vac
Cargas nuevas	Iluminación: 240 V
Protección de cada carga	Detallada abajo

A continuación, se presenta la especificación de las cargas y protecciones por instalar:

Tabla 12 Descripción de cargas y protecciones

Carga	Protección	Tensión nominal protección	Capacidad ruptura protección	Calibre cable tierra
Totalizador en caja contador	Interruptor 2x32 A (curva C)	500 V	6 kA	#8
Totalizador en Cofre	Interruptor 2x30 A (curva C)	500 V	6 kA	#8
Protección temporizador contactor	Interruptor 1x6A A (curva C)	500 V	6 kA	#14
Temporizador	Acti9 IH Interruptor horario mecánico 24 H 200 H Memory	110-230 V	-	#14
Protección contactor	Interruptor 2x20 A (curva C)	500 V	6 kA	#10
Contactor	AC3 16 A – AC1 30 A	100-250 V	-	#10
Protección DPS	Interruptor 2x20 A (curva C)	500 V	6 kA	#8
Protección Iluminación canchas	Interruptor 2x6 A (curva C)	500 V	6 kA	#14
Protección iluminación graderías	Interruptor 2x6 A (curva C)	500 V	6 kA	#14
Protección iluminación exterior	Interruptor 2x6 A (curva C)	500 V	6 kA	#14

La tensión nominal del sistema 240-120 V monofásico es adecuada y compatible con todos los equipos, protecciones y cargas conectadas. Todos los breakers y conductores están dimensionados para soportar el nivel de cortocircuito mayor o igual a 6 kA.

g. Cálculos de campos electromagnéticos

En cumplimiento del literal g del artículo 3.3.1.1 del RETIE 2024, se ha verificado que las cargas por instalar en esta instalación eléctrica, operando en baja tensión (240-120 Vac monofásica), con corrientes nominales inferiores a 100 A y sin equipos de alta emisión electromagnética ni personal expuesto de forma permanente, no representa riesgo significativo de superación de los límites de exposición a campos electromagnéticos. No se requiere cálculo numérico detallado.

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

La instalación cuenta con un transformador monofásico existente de 50kVA @ 13,2kV/240-120V, adecuadamente dimensionado para las cargas conectadas en operación normal, sin superar su capacidad nominal.

No se instalarán cargas no lineales ni equipos con electrónica de potencia, por lo que se considera que no se generan distorsiones armónicas relevantes. Asimismo, el factor de potencia estimado de las cargas es cercano a la unidad, sin requerirse corrección o compensación adicional. En consecuencia, se concluye que no hay afectaciones significativas por armónicos ni por factor de potencia, conforme a lo establecido por la NTC 2050 (Código Eléctrico Colombiano) en lo relativo a condiciones de carga segura y a las buenas prácticas técnicas del IEEE Std 141 (Red Book) para transformadores de distribución en sistemas de baja tensión.

i. Sistema de puesta a tierra (SPT)

La instalación opera en un sistema 240V-120V monofásico. El barraje de puesta de la caja contador deberá ser equipotencializado con el barraje de neutro por medio de un cable de cobre 8 AWG, desde el barraje de neutro en la caja contador se derivará la puesta a tierra del sistema por medio de un cable 2 AWG hasta un electrodo de cobre de 5/8”x2.4m enterrado a 50 cm por debajo del nivel del suelo y unido por medio de soldadura exotérmica. Este cable deberá ser protegido por medio de tubería IMC ¾” para prevenir robo del conductor. Por este mismo motivo, de prevención contra robo en la exposición al espacio público, se determina una desviación de la norma, al no colocar una caja de inspección para la puesta a tierra.

Todos los elementos metálicos deben ser efectivamente equipotencializados a tierra de acuerdo con lo indicado en el plano “P-025-26-ParqueBiosaludableElJardin_E101”

Para garantizar la correcta operación de las protecciones ante falla a tierra, la resistencia del sistema de tierra debe ser menor o igual a 10 Ω. Este valor deberá ser verificado mediante prueba de campo posterior a la instalación.

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

A continuación, se presenta el análisis de pérdidas y conductor económico, por medio del cual se determina que no es necesario incrementar el calibre de ningún ramal.

ANÁLISIS DE PÉRDIDAS Y CONDUCTOR ECONÓMICO																			
Calibre seleccionado																Calibre superior		Evaluación	Periodo de retorno de la inversión (años)
CIRCUITO	I (A)	L (m)	CALIBRE	N cond	T(°C)	R_total (Ω)	P_pérd (W)	E_año (kWh)	Costo/año ($)	h/día	días/año	Costo del conductor	VPN de las pérdidas	Costo total Calibre actual	CALIBRE S.	Costo total Calibre superior		
T-1	6,9	1,5	10	3	75	0,0187	0,9	2,2	$ 1.907	10	250	$ 18.900	$ 17.975	$ 36.875	8	$ 41.326	☑ Mantener calibre actual	-1,7
T-2	6,9	48,0	10	3	75	0,5973	28,7	71,8	$ 61.016	10	250	$ 604.800	$ 575.193	$ 1.179.993	8	$ 1.322.424	☑ Mantener calibre actual	-1,7
N-2	1,7	50,0	14	2	60	0,9896	2,7	6,9	$ 5.841	10	250	$ 180.000	$ 55.067	$ 235.067	12	$ 304.787	☑ Mantener calibre actual	-4,4
N-3	0,6	15,0	14	2	60	0,2969	0,1	0,3	$ 227	10	250	$ 54.000	$ 2.141	$ 56.141	12	$ 82.353	☑ Mantener calibre actual	-34,2
N-4	4,7	38,0	12	2	60	0,4751	10,3	25,9	$ 21.988	10	250	$ 205.200	$ 207.278	$ 412.478	10	$ 450.066	☑ Mantener calibre actual	-1,5
TOTAL							42,81	107,03	$ 90.979									

k. Especificación de los conductores

Este literal define las características técnicas y normativas de los conductores eléctricos que conectan el tablero del cuarto eléctrico con el tablero de distribución general, cumpliendo requisitos de capacidad de corriente, soportabilidad térmica ante fallas y normatividad nacional vigente.

Tabla 13 Descripción de especificación general de conductores

Descripción	Valor
Tipo de conductor	Cobre con aislamiento termoplástico
Aislamiento	THHN / THWN-2
Calibre fases	14 AWG, 12 AWG, 10 AWG
Calibre de puesta a tierra	14 AWG, 10 AWG y 8 AWG
Tensión nominal	600 V
Temperatura operación	90 °C
Colores	Fase: negro / Neutro: blanco / Tierra: verde
Canalización	Tubería metálica tipo IMC de ¾"

Se presenta a continuación el análisis para la selección del conductor y la selección del interruptor de acuerdo con la corriente de la carga y de la corriente nominal del conductor, en el que se considera el artículo 240.4.B de protección de los conductores en la sección 240 de protección contra sobrecorrientes, de la NTC 2050:2024 que especifica:

*"**(B) Dispositivos para sobrecorriente de 800 A nominales o menos.** Debe permitirse el uso de un dispositivo de protección contra sobrecorriente estándar, del valor nominal inmediato superior (sobre la capacidad de corriente (ampacity) de los conductores que proteja), siempre que se cumplan en su totalidad las siguientes condiciones:*

(1) Que los conductores protegidos no formen parte de un circuito ramal que alimenten más de un tomacorriente para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija.

(2) Que la capacidad de corriente (ampacity) de los conductores no corresponda a la corriente nominal estándar de un fusible o de un interruptor automático sin ajuste para disparo por sobrecarga por encima de su valor nominal (pero debe permitirse que tenga otros ajustes de disparo o valores nominales).

(3) Que el valor nominal estándar inmediatamente superior seleccionado no supere los 800 A."

Tabla 14 Análisis para selección del conductor y del interruptor

TABLA RESUMEN - CALCULADORA DE CONDUCTOR																	
ID CIRCUITO	DESCRIPCIÓN CIRCUITO	Corriente de diseño (A)	N° Conductores portadores	Temperatura ambiente (°C):	Temperatura aislamiento (°C):	Temperatura operación (°C):	Tensión circuito (V):	Tipo sistema (1=mono, 2=bif, 3=trif.):	Factor por agrupamiento (Fa):	Factor por temperatura (Ft) [base 30°C, 90°C ais.]:	Factor total combinado (Fa × Ft):	Corriente mínima conductor (A) = Idem/(Fa×Ft):	Protección seleccionada	Calibre mínimo requerido	Calibre seleccionado F & N & R (AWG)	ESTADO	Calibre seleccionado T (AWG)
T-1	Totalizador Contador	7	2	30	90	75	240	1	1	1,00	1,00	6,933	32	10	10	☑ CUMPLE	8
T-2	Totalizador en Gabinete Temporizador T-Temp	7	2	30	90	75	240	1	1	1,00	1,00	6,933	30	10	10	☑ CUMPLE	10
N-2	Iluminación Canchas	2	2	30	90	60	240	1	1	1,00	1,00	1,667	6	14	14	☑ CUMPLE	14
N-3	Iluminación Graderías	1	2	30	90	60	240	1	1	1,00	1,00	0,600	6	14	14	☑ CUMPLE	14
N-4	Iluminación Exterior	5	2	30	90	60	240	1	1	1,00	1,00	4,667	6	14	12	☑ CUMPLE	14

l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación

No aplica para este proyecto, ya que no se requieren estructuras de soporte para redes.

m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes.

La verificación de coordinación del sistema de protecciones de los tableros del parque fue realizada mediante la plataforma de cálculo de Schneider Electric, utilizando las curvas tiempo-corriente de los dispositivos instalados. El sistema está compuesto por las protecciones presentadas a continuación.

m.1 Resultado de coordinación de protecciones y curvas TCC

A continuación, se presenta la curva tiempo-corriente de las protecciones seleccionadas.

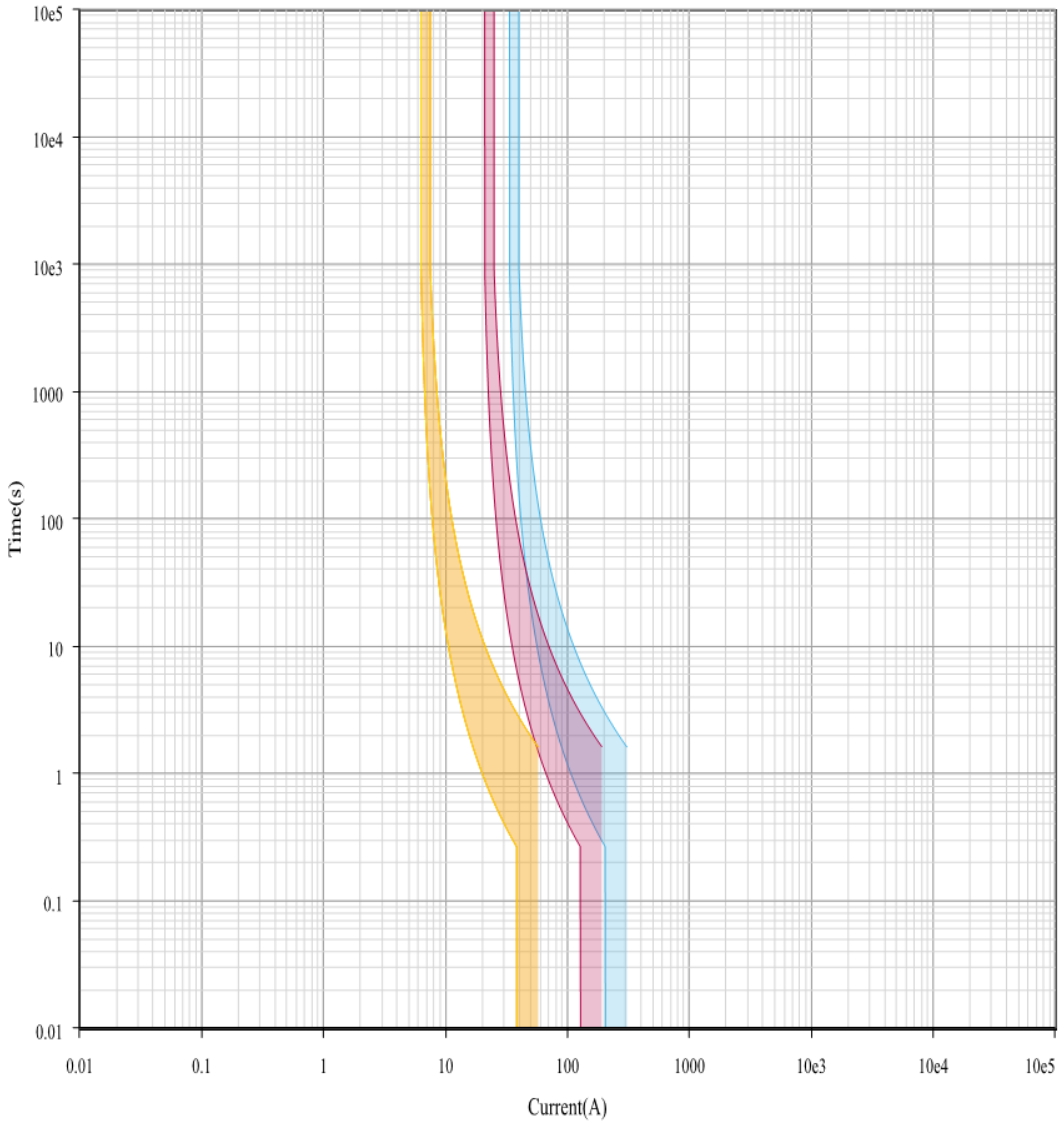


Ilustración 1 Resultado curvas Tiempo-Corriente (TCC) tablero de cuarto eléctrico

A continuación, se presenta la especificación de las protecciones seleccionadas:

- Q1 - Interruptor Termomagnético Riel Acti9 iC60H 2P 32A curva C, curva azul (totalizador)
- Q2 - Interruptor Termomagnético Riel Acti9 iC60H 2P 20A curva C, curva roja (contactor)
- Q3 - Interruptor Termomagnético Riel Acti9 iC60H 2P 6A curva C, curva anaranjada (iluminación)
- Q3 - Interruptor Termomagnético Riel Acti 9 iC60H 1P 6 A Curva C, curva amarilla (temporizador contactor)

m.2 Resultados de selectividad

Resultados en la zona de sobrecarga (disparo térmico)

La discriminación por sobrecarga se cumple en ambas parejas, según se presenta en la Tabla 2.

Tabla 15 Selectividad en zona de sobrecarga

Pareja (aguas abajo → aguas arriba)	Relación In	Criterio (≥ 1,6)	Resultado
Q3 → Q2	20 / 6 = 3,33	Cumple	Selectividad total en sobrecarga; margen amplio
Q2 → Q1	32 / 20 = 1,60	Cumple (valor mínimo)	Selectividad en sobrecarga; margen mínimo, sin holgura

La pareja Q3–Q2 dispone de un margen amplio: la banda térmica de Q3 queda netamente desplazada hacia menores corrientes respecto de la de Q2. La pareja Q2–Q1 cumple exactamente el valor mínimo de la relación (1,60); si bien el criterio se satisface, no existe holgura y cualquier reajuste que reduzca esa relación comprometería la discriminación térmica.

Resultados en la zona de cortocircuito (disparo magnético)

Las bandas magnéticas de cada dispositivo, calculadas para la curva C entre 5·In y 10·In, se presentan en la Tabla 3.

Tabla 16 Bandas de disparo magnético (curva C, 5·In – 10·In)

Dispositivo	Rango de disparo magnético
Q3 (6 A)	30 A – 60 A
Q2 (20 A)	100 A – 200 A
Q1 (32 A)	160 A – 320 A

Pareja Q3 → Q2. Entre 60 A y 100 A existe un intervalo libre de solapamiento entre ambas bandas magnéticas. En consecuencia, se dispone de selectividad amperimétrica para cortocircuitos cuya corriente prospectiva se mantenga por debajo de aproximadamente 100 A.

Pareja Q2 → Q1. Las bandas magnéticas se solapan en el intervalo aproximado de 160 A a 200 A,correspondiente a la región de superposición (morada) observada en la gráfica de curvas. Ante cualquier cortocircuito con corriente prospectiva mayor o igual a 160 A localizado aguas abajo de Q2, el dispositivo Q1 puede alcanzar igualmente su umbral de disparo magnético, produciéndose **pérdida de selectividad** (disparo conjunto o del general Q1 en lugar del intermedio Q2). La relación de corrientes nominales de esta pareja (32/20 = 1,6) resulta insuficiente para asegurar la discriminación en la zona magnética.

Observación sobre el poder de corte

Se identifica una posible inconsistencia en la graduación de los poderes de corte: el dispositivo aguas arriba Q1 (iC60H, 6 kA) presenta un poder de corte inferior al del dispositivo aguas abajo Q2 (iC60H, 6 kA). En una red radial, la corriente de cortocircuito prospectiva es mayor en los puntos más próximos a la fuente, por lo que el interruptor general debería disponer de un poder de corte igual o superior al de los dispositivos aguas abajo. Esta capacidad de cortocircuito, es aceptable de acuerdo con la corriente de cortocircuito calculada en la sección e de esta memoria.

n. Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.)

El diseño de canalizaciones eléctricas se fundamenta en los criterios establecidos por la normativa vigente (NEC, IEC o NTC2050 y RETIE), considerando factores como la capacidad de conducción de corriente, caída de tensión admisible, tipo de instalación (enterrada, superficial, bandeja portacables) y condiciones ambientales. La selección del diámetro o perfil de la canalización depende directamente de la sección transversal de los conductores, el número de estos y el factor de llenado máximo permitido (generalmente ≤ 40% para evitar sobrecalentamiento). Adicionalmente, se evalúan las solicitaciones mecánicas (cargas estáticas, impacto) y químicas (humedad, agentes corrosivos), garantizando la integridad del sistema a lo largo de su vida útil.

A continuación, se presenta el cálculo para las canalizaciones de los circuitos por instalar en AC.

Tabla 17 Cálculo de canalizaciones

TABLA RESUMEN - LLENADO EN TUBERÍA POR CIRCUITO														
ID CIRCUITO	Calibre conductor FASE (RETORNO):	Número de conductores FASE (RETORNO):	Calibre conductor NEUTRO:	Número de conductores NEUTRO:	Calibre conductor TIERRA:	Número de conductores TIERRA:	Tipo conduit (1=EMT,2=IMC,3 =PVC40):	Diámetro nominal conduit (pulg):	Área interna conduit (mm²):	Área total conductores (mm²):	% llenado máx. permitido:	Área disponible (mm²):	% llenado REAL:	RESULTADO:
T-1	10	2	10	1	8	1	3	0,75	327,00	64,44	40%	66,36	19,7%	☑ CUMPLE
T-2	10	2	10	1	10	1	3	0,75	327,00	54,44	40%	76,36	16,6%	☑ CUMPLE
T-2 compartido con N-4	10	2	10	1	10	1	3	0,75	327,00	54,44	40%	52,94	23,8%	☑ CUMPLE
	12	2	12	0	14	1	3	0,75	327,00	23,42				
N-2	14	2	14	0	14	1	3	0,75	327,00	18,77	40%	112,026	5,7%	☑ CUMPLE
N-3	14	2	14	0	14	1	3	0,75	327,00	18,77	40%	112,026	5,7%	☑ CUMPLE
N-4	12	2	12	0	14	1	3	0,75	327,00	23,42	40%	107,38	7,2%	☑ CUMPLE

De acuerdo con la tabla anterior, la tubería IMC de ¾" sería suficiente para cumplir con el requerimiento para porcentaje de llenado <40%.

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

Las pérdidas de potencia en conductores eléctricos son un fenómeno inherente a la transmisión de energía, originado por el efecto Joule. Estas pérdidas, expresadas en vatios (W), varían cuadráticamente con la corriente e incrementan linealmente con la longitud del tendido.

- Sistema Monofásico:

$$p_P = 2 * I^2 * R * L$$

- Sistema Trifásicos:

$$p_P = 3 * I^2 * R * L$$

Donde:

Símbolo	Descripción	Unidad
p_P	Pérdidas de potencia	W
I	Corriente nominal	A
R	Resistencia lineal (Ω/m)	Ω/m
L	Longitud del conductor	m

A continuación, se presentan los resultados del cálculo de pérdidas de energía.

Tabla 18 Cálculo de pérdidas de energía

ANÁLISIS DE PÉRDIDAS Y CONDUCTOR ECONÓMICO														
Calibre seleccionado														
CIRCUITO	I (A)	L (m)	CALIBRE	N cond	T(°C)	R_total (Ω)	P_pérd (W)	E_año (kWh)	Costo/año ($)	h/día	días/año	Costo del conductor	VPN de las pérdidas	Costo total Calibre actual
T-1	6,9	1,5	10	3	75	0,0187	0,9	2,2	$ 1.907	10	250	$ 18.900	$ 17.975	$ 36.875
T-2	6,9	48,0	10	3	75	0,5973	28,7	71,8	$ 61.016	10	250	$ 604.800	$ 575.193	$ 1.179.993
N-2	1,7	50,0	14	2	60	0,9896	2,7	6,9	$ 5.841	10	250	$ 180.000	$ 55.067	$ 235.067
N-3	0,6	15,0	14	2	60	0,2969	0,1	0,3	$ 227	10	250	$ 54.000	$ 2.141	$ 56.141
N-4	4,7	38,0	12	2	60	0,4751	10,3	25,9	$ 21.988	10	250	$ 205.200	$ 207.278	$ 412.478
TOTAL							42,81	107,03	$ 90.979					

p. Cálculos de regulación de tensión

El diseño de canalizaciones eléctricas en baja tensión debe garantizar que la caída de tensión no supere los límites normativos (NEC 210-19, IEC 60364-5-52 o NTC 2050 Segunda versión), asegurando el funcionamiento óptimo de los equipos. La caída de tensión porcentual (ΔV%) se calcula mediante:

$$\Delta V\% = (2 \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot cos\phi + X \cdot sin\phi)) / V_n \times 100$$

Donde:

- ΔV% = Caída de tensión porcentual máxima admisible.
- L = Longitud del conductor [m].
- I = Corriente de carga [A].
- R, X = Resistencia y reactancia lineal del conductor [Ω/m].
- Cos ϕ = Factor de potencia de la carga.
- V_n = Tensión nominal del sistema [V].

Consideraciones:

1. Límites típicos de regulación:
   - 3% para circuitos principales.
   - 5% para circuitos derivados.
2. La selección final del conductor debe verificar adicionalmente:
   - Capacidad de corriente (ampacidad).
   - Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
   - Compatibilidad con la canalización.

Los valores o parámetros del conductor se toman de la norma NTC 2050.

Tabla 19 Cálculo de caída de tensión

TABLA RESUMEN — CAÍDA DE TENSIÓN POR CIRCUITO														
ID CIRCUITO	SISTEMA	I (A)	Calibre	L (m)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	FP	Vn (V)	ΔV (V)	% ΔV	V RECEPTOR	TIPO	ESTADO 1	ESTADO 2
T-1	MONOFÁSICO	6,9	10	1,5	3,340	0,164	0,9	240	0,06	0,0%	239,9	ALIMENTADOR	☑ CUMPLE (≤3%)	☑ CUMPLE (≤5%)
T-2	MONOFÁSICO	6,9	10	48	3,340	0,164	0,9	240	2,05	0,9%	238,0	ALIMENTADOR	☑ CUMPLE (≤3%)	☑ CUMPLE (≤5%)
N-2	MONOFÁSICO	1,7	14	50	8,450	0,190	0,9	240	1,28	0,5%	238,7	RAMAL	☑ CUMPLE (≤3%)	☑ CUMPLE (≤5%)
N-3	MONOFÁSICO	0,6	14	15	8,450	0,190	0,9	240	0,14	0,1%	239,9	RAMAL	☑ CUMPLE (≤3%)	☑ CUMPLE (≤5%)
N-4	MONOFÁSICO	4,7	12	38	5,310	0,177	0,9	240	1,72	0,7%	238,3	RAMAL	☑ CUMPLE (≤3%)	☑ CUMPLE (≤5%)

q. Áreas clasificadas como peligrosas

No aplica.

r. Diagramas unifilares

Se presenta el diagrama unifilar en el anexo:

IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN
P-025-26-ParqueBiosaludableElJardin_E100	DIAGRAMA UNIFILAR

s. Planos eléctricos para construcción

Referirse a los planos y anexos identificados en la tabla a continuación:

Tabla 20 Descripción e identificación de planos para construcción y anexos

IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN
P-025-26-ParqueBiosaludableElJardin_E100	DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL
P-025-26-ParqueBiosaludableElJardin_E101	PLANO ELÉCTRICO
Temporizador_Manual_D15365_561_03_es	MANUAL TEMPORIZADOR
Contactor_1SBL177001R1310	MANUAL CONTACTOR

t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos.

La construcción de redes, montaje de los equipos, herramientas empleadas, procedimientos, calidad de los materiales y pruebas deben atender como mínimo las siguientes normas y prácticas:

- Reglamento Técnico de instalaciones Eléctricas RETIE.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas Norma ICONTEC.
- Norma Técnica Colombiana NTC2050.
- NEMA ICS 3 - Industrial Systems.
- NFPA 70 National Electrical Code.
- American National Standard Institute ANSI.
- International Electrotechnical Commission IEC.

u. Distancias de seguridad o servidumbre requeridas

La función principal de un proyecto de diseño eléctrico es garantizar el servicio adecuado de energía eléctrica, dentro de unas condiciones que garanticen la seguridad de las personas, además de brindar confiabilidad, flexibilidad, facilidad de operación y mantenimiento.

El diseño se realiza de acuerdo con las normas Técnicas Colombiana NTC 2050, RETIE (Reglamento técnico de Instalaciones Eléctricas).

"*Las partes energizadas a las que el trabajador pueda estar expuesto, se deben poner en condición de trabajo eléctricamente seguro antes de trabajar en o cerca de ellas, a menos que se demuestre que des energizar introduzca riesgos adicionales*"

Para llevar a cabo actividades de mantenimiento, reemplazo o intervención de equipos eléctricos se recomienda seguir los procesos establecidos en la NFPA 70E o IEC 60364.

- Realizar un análisis de riesgos donde se tenga en cuenta la tensión, la potencia de cortocircuito y el tiempo de despeje de la falla, para definir la categoría del riesgo que determina el elemento de protección a utilizar. El análisis de arco debe realizarse en periodos no mayores a 5 años o cuando se realicen modificaciones mayores.
- Fijar etiquetas donde se indique el nivel de riesgo y equipo requerido.
- Realizar una correcta señalización del área de trabajo y de las zonas aledañas a ésta.

- Tener un entrenamiento apropiado para trabajar en tensión, si es el caso.
- Tener un plano actualizado y aprobado por un profesional competente.
- Tener una orden de trabajo firmada por la persona que lo autoriza.
- Usar equipos de protección personal certificados para el nivel de tensión y energía incidente involucrados, los cuales no deben tener nivel de protección menor al establecido en la siguiente tabla:

CATEGORÍA	NIVEL MÍNIMO DE PROTECCIÓN Cal/cm2
0	Prenda de Algodón
1	4
2	8
3	25
4	40

- Las personas no calificadas, no deben sobrepasar el límite de aproximación seguro. Los Operadores de Red (OR) atenderán las solicitudes de cubrimiento o aislamiento temporal para redes de media tensión y baja tensión que haga el usuario cuando requiera intervenir su fachada, el costo estará a cargo del usuario.
- El límite de aproximación restringida debe ser señalizada ya sea con una franja visible con pintura reflectiva u otra señal que brinde un cerramiento temporal y facilite al personal no autorizado identificar el máximo acercamiento permitido.
- Cumplir las distancias mínimas de aproximación a equipos energizadas de la siguiente tabla, la cual es adaptada de la NFPA 70 e IEEE 1584. Estas distancias son barreras que buscan prevenir lesiones al trabajador y son básicas para la seguridad eléctrica.

Ilustración 2 Límites de aproximación extraída de la NFPA 70E

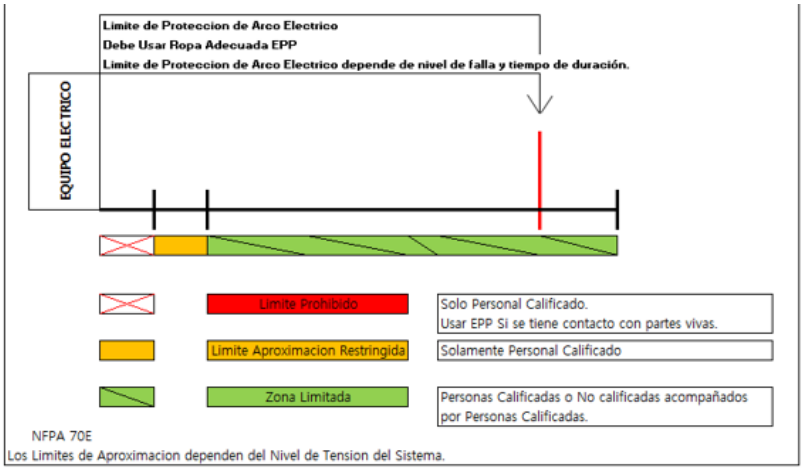


Ilustración 3 Espacios de Trabajo

Tabla 110-16(a) Espacio de Trabajo			
Tensión Nominal a Tierra(V)	Distancia Mínima en (m) según la Condición.		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0.9	0.9	0.9
151-600	0.9	1.1	1.3

Ilustración 4 Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente alterna. Tomado del RETIE

Tensión Nominal del Sistema (Fase-Fase)	Límite de Aproximación seguro(m)		Límite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios.	Límite de aproximación técnica (m)
	Parte Móvil Expuesta	Parte Fija Expuesta		
50V-300V	3.0	1.0	Evitar Contacto	Evitar Contacto
301V-750V	3.0	1.0	0.30	0.025
751V-15kV	3.0	1.5	0.70	0.20
15.1kV-36kV	3.0	1.8	0.8	0.30
3.6.1kV-46kV	3.0	2.5	0.8	0.4
46.1kV-72.5kV	3.0	2.5	1.0	0.7
72.6 kV-121 kV	3.3	2.5	1.0	0.8

DISTANCIAS MÍNIMAS EN BAJA TENSIÓN Se tendrán en cuenta las Distancias Mínimas de Seguridad conforme a lo dispuesto en la Norma NTC 2050.

Partes energizadas expuestas en un lado y ninguna parte energizada o puesta a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes energizadas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se considerarán partes energizadas los cables o barras aislados que funcionen a menos de 300 V.

v. Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación

De acuerdo con lo indicado en la sección de puesta a tierra, debido al riesgo de robo de la puesta a tierra se determina la no instalación de caja de inspección de puesta a tierra por instalar.

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

No se presentaron estudios adicionales en este diseño.

x. Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales

No aplica.