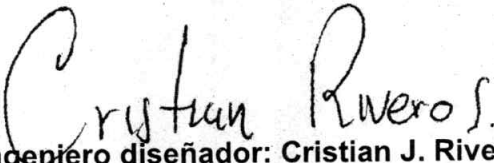


**PROYECTO CONSTRUCCION DE REMODELACION DEL PARQUE LOS MARTIRES DEL
MUNICIPIO DE NEIVA, DEPARTAMENTO DEL HUILA.**

**PROPIETARIO
CIUDAD DE NEIVA, HUILA**

Proyectista: dirección de prospectiva


Ingeniero diseñador: Cristian J. Riveros Gil
MP: SN 205-152473

MAYO DEL 2026

Tabla de Contenido

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
1.1. LOCALIZACIÓN GENERAL	5
1.2. OBJETO	5
1.3. NÚMERO DE USUARIOS	5
1.4. CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA	5
1.5. REDES DE MEDIA TENSIÓN	6
1.6. REDES DE BAJA TENSIÓN	6
1.7. INSTALACIONES INTERNAS	6
1.8. SUBESTACIONES	6
1.9. NORMATIVIDAD	6
2. MEMORIAS DE CALCULO	6
2.1. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS	6
2.1.1. ANÁLISIS DE MATRIZ DE RIESGO	10
2.2. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección.	12
2.3. Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos	13
2.3.1. Cuadro resumen de consumo de potencia de por armónicos proyectado	14
2.3.2. Análisis de cargas	15
2.3.3. Parámetros de diseño	16
2.4. Coordinación de aislamiento eléctrico	16
2.4.1. SELECCIÓN PROTECCIÓN CONTRA LAS SOBRETENSIONES	17
2.5. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra	20
2.6. Análisis del nivel tensión requerido	21
2.7. Cálculos de campos electromagnéticos	21
2.8. Cálculo de transformadores incluyendo efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga	21
2.9. Sistema de puesta a tierra	21
2.10. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.	27
2.10.1. Código de colores para conductores	27
2.10.2. Capacidad de corriente de los conductores	28

2.10.3.	Selección de conductor para instalaciones internas	30
2.11.	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.	30
2.12.	Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación	32
2.13.	Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes	32
2.14.	Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.)	32
2.15.	Cálculo de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.	33
2.16.	Cálculos de regulación de tensión	35
2.17.	Áreas clasificadas como peligrosas	36
2.18.	Diagramas unifilares	36
2.19.	Planos eléctricos para construcción	36
2.20.	Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.	36
2.21.	Distancias de seguridad o servidumbre requeridas	36
2.22.	Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.	39
2.23.	Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.	39
2.24.	Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.	39

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. LOCALIZACIÓN GENERAL

El proyecto de iluminación **REMODELACION DEL PARQUE LOS MARTIRES DEL MUNICIPIO DE NEIVA, DEPARTAMENTO DEL HUILA.** en el municipio de Neiva, se encuentra ubicado en la carrera 1h #17-4, en el municipio de Neiva, en el departamento del Huila, y el alcance del proyecto se resalta en la siguiente imagen.



1.2. OBJETO

El presente documento describe los criterios de diseño eléctrico para construcción de un sistema eléctrico con medidor de energía con medida directa con tablero de control el cual alimentará cargas de alumbrado público y reflectores.

1.3. NÚMERO DE USUARIOS

El número de usuarios es uno:
Uno (1) de tipo Alumbrado Público

1.4. CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA

La demanda máxima proyectada es de 7.242[kVA]
Tensión de servicio: 110/220 [V]

Operador de Red: ELECTROHUILA

1.5. REDES DE MEDIA TENSIÓN

Para este proyecto no se tiene el alcance en media tensión.

1.6. REDES DE BAJA TENSIÓN

El sistema de alumbrado público contará con la construcción de dos circuitos y se alimentarán con una red 2F#6 AWG Al + 1T#6 AWG Al.

1.7. INSTALACIONES INTERNAS

No aplica.

1.8. SUBESTACIONES

Para este proyecto no se tiene el alcance de una subestacion.

1.9. NORMATIVIDAD

El diseño eléctrico se realiza bajo los lineamientos establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, la norma Técnica Colombiana NTC 2050 y la norma del operador de red ELECTROHUILA (Electrificadora del Huila).

2. MEMORIAS DE CALCULO

En los circuitos de alumbrado público la electricidad se deben adoptar las medidas de seguridad, tanto para la protección de los usuarios como de las redes y los bienes conexos a estas, las cuales deben ser especificadas según las características eléctricas de los aparatos receptores.

El alto número de incendios ocasionados por deficiencias en la instalación, en especial lo relacionado con dimensionamiento de conductores y protecciones, malas conexiones, daños de aislamiento de conductores y empalmes, uso de equipos, aparatos y materiales inapropiados, uso de lámparas y luminarias sin espacio para evacuación del calor; obliga a dar estricto cumplimiento a las normas de construcción de la instalación y atender los lineamientos de otros reglamentos técnicos, como el de Iluminación y Alumbrado Público.

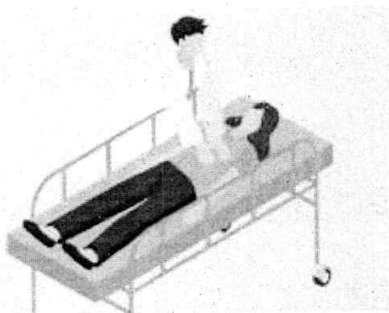
2.1. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS

ARCOS ELÉCTRICOS



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

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

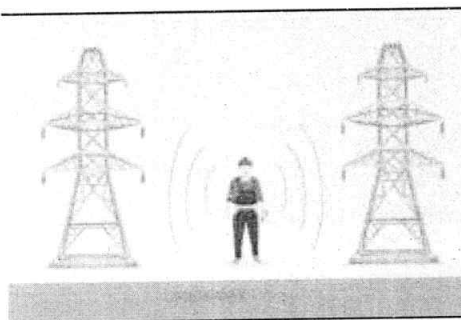


AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)

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

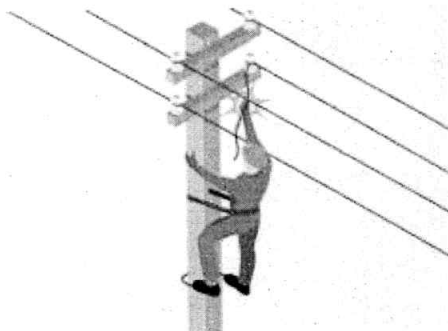
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.

CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS



POSIBLES CAUSAS: Falla en el diseño, violación de anchos de zonas de servidumbre, mediciones con equipo no calibrado.

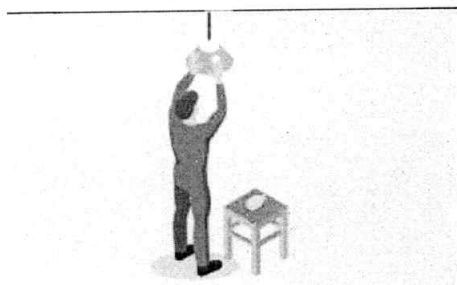
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Respetar los anchos de zonas de servidumbre y los valores de límites de exposición a campos electromagnéticos.



CONTACTO DIRECTO

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

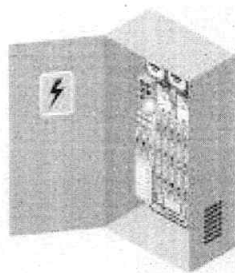
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.



CONTACTO INDIRECTO

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

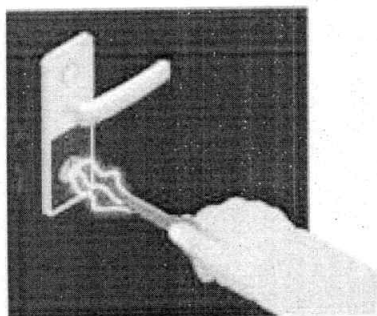
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.



CORTOCIRCUITO

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

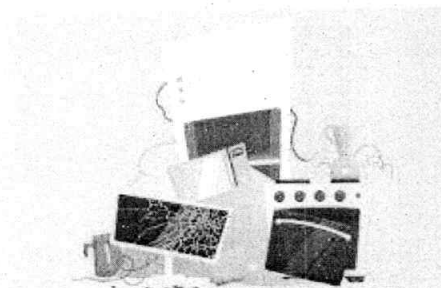
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.



ELECTRICIDAD ESTÁTICA

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

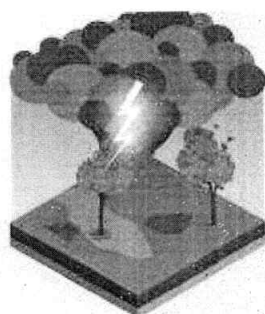
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.



EQUIPO DEFECTUOSO

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

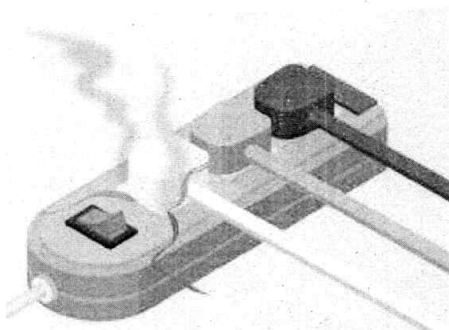
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas.



RAYOS

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

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



SOBRECARGA

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

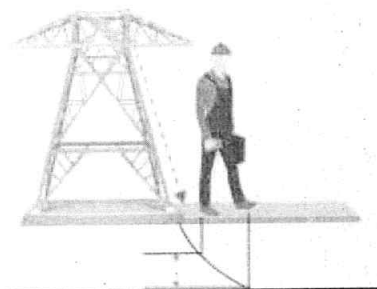
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.



TENSIÓN DE CONTACTO

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

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



TENSIÓN DE PASO

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

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

2.1.1. ANÁLISIS DE MATRIZ DE RIESGO

Se presenta el análisis de riesgo aplicable al sistema eléctrico de baja tensión para la alimentación del sistema e iluminación del proyecto Construcción De REMODELACION DEL PARQUE LOS MARTIRES DEL MUNICIPIO DE NEIVA, DEPARTAMENTO DEL HUILA , de Neiva-Huila, se encuentra ubicado en la calle 46 #19-16, donde se instalará postes, luminarias cable, equipo de medida y protecciones para un sistema de alumbrado público del sector mencionado, este sistema se asocia los riesgos más comunes en este tipo de instalaciones que corresponde a riegos por contacto directo, contacto indirecto y descargas atmosféricas que se describen a continuación:

4. FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO DIRECTO - RED DE BAJA TENSION										
POSIBLES CAUSAS: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.										
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.										
RIESGO A EVALUAR:		Electrocución o quemaduras		por		Contacto Directo		(al) o (en)		RED BAJA TENSION
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE
						(CAUSA)				
POTENCIAL		X		RIESGO MATERIALIZADO				PROBABILIDAD		
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o mas muertes	~~Daño grave en infraestructura. Interrupción~~	~~Contaminación irreparable.~~	~~Internacional~~	~~5~~	~~MEDIO~~	~~ALTO~~	~~ALTO~~	~~ALTO~~	~~MUY ALTO~~
	Incapacidad parcial permanente	~~Daños mayores, salida de subestación~~	~~Contaminación mayor~~	~~Nacional~~	~~4~~	~~MEDIO~~	~~MEDIO~~	~~MEDIO~~	~~MEDIO~~	~~ALTO~~
	Incapacidad temporal (> 1 día)	~~Daños severos. Interrupción temporal~~	~~Contaminación localizada~~	~~Regional~~	~~3~~	~~BAJO~~	~~MEDIO~~	~~MEDIO~~	~~MEDIO~~	~~ALTO~~
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

5. FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO INDIRECTO - RED DE BAJA TENSION										
POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.										
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.										
RIESGO A EVALUAR:		Electrocución o quemaduras		por		Contacto Indirecto		(al) o (en)		RED BAJA TENSION
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO		(CAUSA)		FUENTE
POTENCIAL		X		RIESGO MATERIALIZADO				PROBABILIDAD		
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
	Una o mas muertes	Daño grave en	Contaminación	Internacional	5	Medio	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

6. FACTOR DE RIESGO POR RAYO - RED BAJA TENSION										
POSIBLES CAUSAS: Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.										
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además, suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.										
RIESGO A EVALUAR:		Electrocución o quemaduras		por		RAYO		(al) o (en)		RED M.T. Y B.T.
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO		(CAUSA)		FUENTE
POTENCIAL				RIESGO MATERIALIZADO		X		PROBABILIDAD		
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
	Una o mas muertes	Daño grave en	Contaminación	Internacional	5	Medio	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

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 al 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 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.

2.2. ANÁLISIS DE RIESGOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS (RAYOS) Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN.

El proyecto de Construcción De REMODELACION DEL PARQUE LOS MARTIRES DEL MUNICIPIO DE NEIVA, DEPARTAMENTO DEL HUILA En El Municipio De Neiva, cuenta con un sistema eléctrico enfocado en el alumbrado público, contempla la instalación de postes con una altura libre de 5 y 8 metros. No obstante, el entorno geográfico inmediato del parque se caracteriza por la presencia de individuos arbóreos consolidados cuya altura promedio oscila los 12 metros, superando significativamente la cota superior de la infraestructura eléctrica proyectada.

Análisis técnico bajo NTC 2050 Y NFPA 780

De acuerdo con lo establecido en la NTC 2050 (Segunda Actualización), que remite a la NFPA 780 para sistemas de protección contra rayos, el diseño de un Sistema de Protección contra Descargas Atmosféricas (SPDA) requiere la identificación de puntos de impacto probables.

Bajo los métodos de cálculo de "Esfera Rodante" o "Ángulo de Protección", se determina que la infraestructura de 8 metros se encuentra íntegramente contenida dentro de la zona de protección natural generada por los árboles de 12 metros. Estos últimos actúan como terminales de captación naturales predominantes debido a su mayor altura y proximidad, reduciendo a una probabilidad despreciable un impacto directo sobre los postes de alumbrado.

IMPOSIBILIDAD DE CUMPLIMIENTO DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD

La normativa exige mantener una distancia de separación (S) para evitar descargas laterales (arcos eléctricos) entre el sistema de protección y otras partes metálicas. Debido a que la biomasa de los árboles (ramas y follaje) cubre y rodea la ubicación de los postes, es físicamente imposible garantizar estas distancias de seguridad. La instalación de puntas captadoras en los postes de 8 metros, en lugar de brindar protección, aumentaría el riesgo de incendios forestales o daños por saltos de arco entre el poste y el árbol.

Por lo expuesto anteriormente, se justifica la no realización de un sistema de apantallamiento externo (pararrayos) en los postes del Parque Santander, por ser técnica y físicamente inviable frente a la masa arbórea existente.

No obstante, en estricto cumplimiento del Artículo 250 de la NTC 2050, la seguridad del sistema se garantiza mediante:

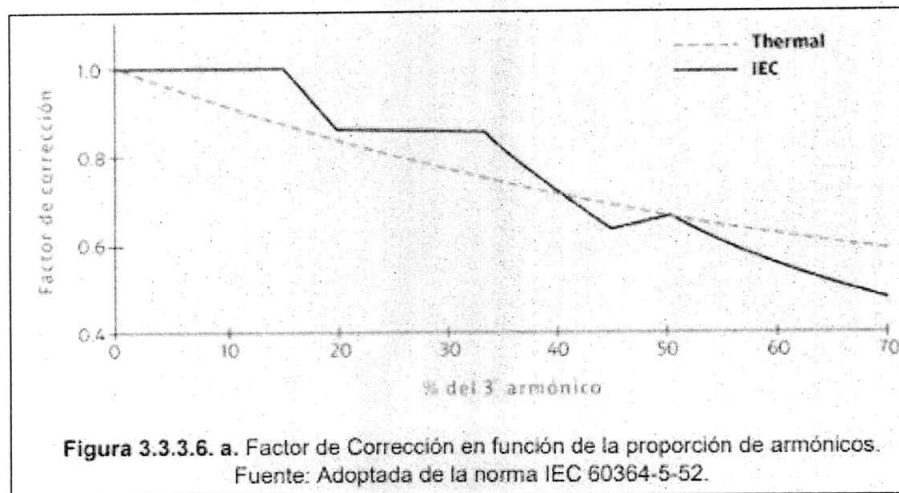
Sistema de Puesta a Tierra (SPT): Conexión equipotencial de todos los postes y canalizaciones metálicas para dispersar corrientes de falla y descargas indirectas.

Protección contra Sobretensiones (DPS): Instalación de dispositivos de protección tipo 2 en los circuitos de alumbrado (según Artículo 285) para proteger la electrónica de las luminarias LED ante sobretensiones transitorias conducidas.

2.3. ANÁLISIS Y CÁLCULO DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS

Las cargas eléctricas con comportamiento no lineal producen distorsiones armónicas en corriente y tensión, ocasionando mala calidad en de la energía eléctrica suministrada, esto se traduce en pérdidas de potencia, acortamiento de la vida útil de los equipos, calentamientos excesivos en conductores y fallas en su funcionamiento, entre otros. Por estas razones los estudios pertinentes sobre las distorsiones armónicas en las redes eléctricas, no se hacen esperar, ya que el resultado del análisis es clave para el mejoramiento en la mitigación de este fenómeno.

Según el reglamento vigente RETIE en sistemas en donde la distorsión armónica total (THD) en corriente, sea superior o igual al 15%, se deben dimensionar todos los conductores o barras de acuerdo con el factor de corrección exigido en la IEC 60364-5-52 Anexo C y presentado en la Figura 3.3.3.6.a.



Los equipos motrices tienen un contenido de armónicos bajo, siempre y cuando estén balanceados y el funcionamiento sea lineal. Se puede presentar un efecto capacitivo leve debido a componentes de electrónica de potencia, como es el caso de variadores de velocidad.

$$THD - I = \sqrt{\frac{\sum_2^h (I_h)^2}{(I_1)^2}}$$

Donde:

- THD-I: Es Total Harmonic Distortion of Current por sus siglas en ingles que significa Total Distorsión Armónica en corriente.

2.3.1. CUADRO RESUMEN DE CONSUMO DE POTENCIA DE POR ARMÓNICOS PROYECTADO

Se dimensionan los conductores para asumir las pérdidas de potencia correspondientes por distorsión armónica presente en la red.

En este caso, a partir de la información proporcionada por el fabricante el THD-I de las cargas (Luminarias LED) es inferior al 15% y cuentan con un factor de potencia superior al 0.95.

$$I_1 = 19.01[A], THD_I = 0.05, \text{ acometida principal del transformador en BT.}$$

$$I_h = 0.95[A], S_h = 0.362[kVA], \text{ Acometida principal.}$$

2.3.2. ANÁLISIS DE CARGAS

En las siguientes tablas, se presenta el cuadro de memoria de cálculo del transformador y cuadro de cargas.

CUADRO DE CARGA DEL GABINETE DE DISTRIBUCION GENERAL														
TABLERO	CTO	FASES		CARGA INSTALADA	TENSION [V]	FACTOR DE DIVERSIDAD [%]	CARGA [VA]	CORRIENTE [A]	I[A] Fac. de Correc.	CALIBRE CONDUCTOR POR FASE	TIPO DE ACOMETIDA	PRO. TM [A] SEGUN	DUCTO PVC	DESCRIPCION
		R	S											
TDP	1	296,9	296,9	593,89	220	100	593,89	1,56	2,95	# 6 AWG Al	3F# AWG + 1T# AWG		1 1/2"	Alumbrado Publico
		992,8	992,8	1985,68	220	100	1985,68	5,21	6,51	# 6 AWG Al	3F# AWG + 1T# AWG	2x16	1 1/2"	Alumbrado Publico
		221,1	221,1	442,11	220	100	442,11	1,16	1,45	# 6 AWG Al	3F# AWG + 1T# AWG		1 1/2"	Alumbrado Publico
		157,1	117,8	274,84	220	100	274,84	0,72	0,90	# 6 AWG Al	3F# AWG + 1T# AWG		1 1/2"	Alumbrado Publico
TDP	2	339,4	339,4	678,74	220	100	678,74	1,78	2,23	# 6 AWG Al	3F# AWG + 1T# AWG	2x16	1 1/2"	Alumbrado Publico
		1333,9	1333,9	2667,79	220	100	2667,79	7,00	8,75	# 6 AWG Al	3F# AWG + 1T# AWG		1 1/2"	Alumbrado Publico
		221,1	221,1	442,11	220	100	442,11	1,16	1,45	# 6 AWG Al	3F# AWG + 1T# AWG		1 1/2"	Alumbrado Publico
		78,5	78,5	157,05	220	100	157,05	0,41	0,52	# 6 AWG Al	3F# AWG + 1T# AWG		1 1/2"	Alumbrado Publico
TOTAL		3640,7	3640,5	7281,2	220	100	7281,2	19,01	23,8	# 6 AWG Al	3F# AWG + 1T# AWG	2X50		ACOMETIDA PRINCIPAL

2.3.3. PARÁMETROS DE DISEÑO

Los siguientes cálculos fueron elaborados con base en los criterios de las normas técnicas de ElectroHuila vigente, o en su defecto según lo establecido en la norma técnica colombiana NTC 2050, en concordancia con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).

- Tipo de usuario: Oficial. Nivel 1.
- La tensión de servicio será: 220/127 voltios.

2.4. COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO

El tipo de aislamiento se seleccionará de acuerdo con el nivel de tensión de servicio, basandonos en los niveles establecidos en la siguiente tabla :

NIVEL	TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (kV)	BIL (kV)
Baja tensión	0,6	25

Las redes de baja tensión son aisladas.

TABLA DE SELECCIÓN DE AISLANTES PARA CONDUCTORES ELÉCTRICOS					
Mecánica	PVC	Poliétileno	Neopreno	Poliétileno Cloro sulfonado	CPE Termoplástico
Resistencia a la Abrasión	Buena	Excelente	Buena	Buena	Excelente
Resistencia a la Tracción	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena
Elongación	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Buena
Resistencia a la Compresión	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Buena
Flexibilidad	Buena	Normal	Excelente	Excelente	Normal
Ambiental					
Llama	Buena	Pobre	Excelente	Excelente	Buena
Humedad					
Agua Dulce o Salada	Buena	Excepcional	Buena	Excelente	Excelente
Acidos de Petróleo					
Acido de Motor		Excelente			Buena
Fuel-oil	Buena	(Se deforma levemente por encima de 150°C)	Buena	Buena	(Pobre por encima de 150°C)
Petróleo Crudo		Buena			Buena
La Dioxina	Pobre		Normal	Normal	
Hidrocarburos parafínicos					
Gasolina	Buena	Excelente (Se deforma levemente a altas temperaturas)	Pobre	Pobre	Excelente (Se deforma levemente a altas temperaturas)
Queroseno					
Alcoholes					
Isopropílico					
Wood	Normal	Buena	Normal	Buena	Buena
Guan					
Acidos minerales					
Sulfúrico	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Nítrico					
Clorhídrico					
Preparados Alcalis de hidróxido de sodio (lejía)					
Hidróxido de potasio (gotas)	Buena	Excelente	Buena	Excelente	Excelente
Hidróxido de calcio (cal)					
Cetonas					
Acetona	Pobre	Buena	Pobre	Normal	Buena
Metil Etil Cetona (MEK)					
Esteres					
Acetato de Etilo	Pobre	Buena	Pobre	Normal	Buena
Diluyentes para lacas					
Hidrocarburos halogenados					
Cloroforno	Pobre	Pobre	Pobre	Pobre	Pobre
Tetracloruro de carbono					
Cloruro de Metilo					
General					
Deja residuos después de la combustión	Si	No	Si	Si	Si
Índice de Oxígeno (ASTM D-2883)	23-30%	17-18%	31-39%	30-36%	30-34%
Contenido Halógeno - % Peso	26	0	18	14	10-20
Temperatura Mínima de instalación	14°F (-10°C)	-40°F (-40°C)	-4°F (-20°C)	-4°F (-20°C)	-40°F (-40°C)
Dimensional stability under heat	Normal	Normal	Excelente	Excelente	Normal
Temperatura Máxima de Operación	75°C (167°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	90°C (194°F)	75°C (167°F)

Nota: Si los cables se van a instalar en frío, deben ser calentados en el almacenamiento durante al menos 24 hrs. Antes de la instalación.

2.4.1. SELECCIÓN PROTECCIÓN CONTRA LAS SOBRETENSIONES

La norma IEC 60364-4, la cual consiste en la elección del equipo para la instalación, permite la elección del nivel de protección Up del limitador de sobretensiones en función de las cargas que se van a proteger.

La tensión residual nominal de los dispositivos de protección no debe ser superior al valor en la categoría II de tensión máxima soportada a impulsos.

Tensión nominal		Nivel presunto de sobretensiones transitorias (kV)			
Redes trifásicas	Redes monofásicas	Materiales en el origen de la instalación (categoría IV)	Materiales en distribución y circuitos terminales (categoría III)	Aparatos de utilización (categoría II)	Materiales específicamente protegidos (categoría I)
230/440	230	6	4	2,5	1,5
400/690	—	8	6	4	2,5
1.000	—	8	6	4	2,5

Niveles de sobretensiones para diferentes materiales según IEC 60364.

Para el presente caso la protección Up= 2,5 siendo de CATEGORIA II

También la norma IEC 60364-5-534, permite la elección e implementación de equipos eléctricos.

Esta sección describe las condiciones de instalación de los limitadores de sobretensión: Según los sistemas de conexión a tierra, la tensión máxima en régimen permanente (U_c) de un limitador de sobretensiones no debe ser inferior a la tensión de funcionamiento nominal de sus terminales.

En la cabecera de la instalación, si el limitador de sobretensión se instala en el origen de una instalación eléctrica que recibe la alimentación de la red de distribución, la corriente de descarga nominal debe ser inferior a 5 kA. Si se instala un limitador de sobretensión aguas abajo desde un dispositivo de protección de fugas a tierra, debe utilizarse un interruptor diferencial de tipo S, con inmunidad a corrientes de impulso de menos de 3 kA (8/20 ms).

En presencia de pararrayos, si se instala un limitador de sobretensiones, deben aplicarse las especificaciones adicionales para limitadores de sobretensión (véase IEC 61024-1 e IEC 61312-1).

Evaluación del riesgo de la sobretensión en la instalación a proteger Principio general al evaluar los riesgos, deben tenerse en cuenta los siguientes elementos:

- El riesgo de caídas de rayos en el área.
- El tipo de la red de distribución eléctrica.
- La topografía del área.
- Si existe un pararrayos.
- El equipo a proteger.
- Las sobretensiones de maniobra.

Con estos elementos, se pueden establecer dos diagnósticos: un diagnóstico de las cargas que tienen que protegerse y un diagnóstico del lugar que va a protegerse.

El diagnóstico del material que se desea proteger, se obtiene con la siguiente fórmula:

$$R = S + C + I$$

Donde,

La sensibilidad del equipo se debe a la tensión máxima soportada a los impulsos del equipo que va a protegerse (U_{choc}):

S = 1	S = 2	S = 3
$U > 2,5$ kV categoría III y IV Resistencia al choque elevada o normal	$1,5 \text{ kV} < U < 2,5 \text{ kV}$ Resistencia al choque media	$U < 1,5$ kV categoría I y II Resistencia al choque reducida
Armarios de distribución, aparataje fijo (interruptores automáticos, tomas de corriente...), material de uso industrial (motores, transformadores...), aparatos instalados aguas arriba del cuadro de distribución (contadores, protección de sobrecargas, telemedida...)	Los aparatos electrodomésticos (lavavajillas, nevera, horno microondas...)	Todos los aparatos sensibles: informática, telefonía, contestador, alarma, fax, cadena hi-fi, televisiones, reguladores, aparatos con circuitos integrados...

Para este caso se escogerá S=1 con una sensibilidad $U > 2,5 \text{ kV}$.

Coste del equipo

Costo elevado C=2

Interrupción total o muy importante de la actividad (consecuencias económicas inaceptables)

I=3

Interrupción I=1

Elección de la corriente máxima de descarga del limitador de sobretensiones (red de BT)
Tras haber realizado estudios de riesgos de la carga (R) y del lugar (E), se determina la corriente máxima de descarga $I_{\text{máx}}$ (onda 8/20) para limitadores de sobretensiones de BT:

En los dos casos siguientes, se necesita un limitador de sobretensiones de protección secundaria:

Si el nivel de protección (U_p) es demasiado alto en relación a la tensión de resistencia a los impulsos (U_{choc}) del equipo de la instalación. Si el equipo sensible se encuentra demasiado alejado del limitador de sobretensiones entrante
 $d = 30 \text{ m}$.

Un limitador de sobretensiones de 8 kA debe instalarse en otro cofre de sub-distribución y junto a cargas sensibles.

	I=1	I=2	I=3
R = 8 o 9	40 kA	65 kA	65 kA
R = 6 o 7	20 kA ⁽¹⁾	40 kA	65 kA
R ≤ 5	20 kA ⁽¹⁾	20 kA ⁽¹⁾	40 kA

Nivel de riesgo total R=5 por lo tanto se elige una corriente de descarga I_{max} de 20KA para I=2.

2.5. ANÁLISIS Y CÁLCULOS DE CORTOCIRCUITO, ARCO ELÉCTRICO Y FALLA A TIERRA

Se calcula la corriente de cortocircuito, con la potencia máxima instalada tomaremos la demanda máxima diversificada, tensión de línea-línea 220 [V] y la tensión de cortocircuito U_z=2.57 %.

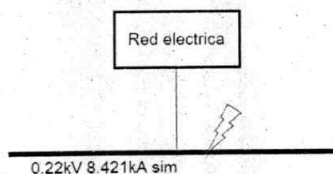
$$I_{cc} = \frac{S}{V_{LL} * U_z}$$

El transformador trifásico existente al ser de 75 KVA y tener una I_{cc}= 9.74 KA en baja tensión, se seleccionan dispositivos de protección principal como mínimo con I_{cc} = 15 KA.

Calculo de corriente de corto circuito

Aporte de corriente de la red electrica

Tension Nominal:	0.22 kV
I _{cc} :	8.421 kA sim
S _{cc} :	1.85262 MVA
I _{cc} Asimetrica:	13.94 kA asim
Ra/Za:	0.491
Za:	0.026 Ω
Xa:	0.023 Ω
Ra:	0.013 Ω
Ra/Xa:	0.563
Factor K:	1.170 (IEC 60909)



Metodo Explicado en:

De Metz-Noblat B. Cálculo de corrientes de cortocircuito (Cuaderno Técnico nº 158).
Barcelona: Schneider, 2000.

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable:	6		$I_{sc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$
Área:	26240	CMIL	
Frecuencia:	60	Hz	
Duración del Corto C:	60	Ciclos	
	1.00	Seg	
Temp. De Operación:	75	°C	Donde:
Temp. Max Corto C:	450	°C	<i>I_{cc}</i> : Corriente de Corto Circuito <i>A</i> : Área del Conductor en MCM <i>t</i> : Tiempo de Corto Circuito en seg. <i>T1</i> : Temperatura de operación del cable <i>T2</i> : Temperatura Max. De Corto Circuito
Corriente de CC:	2.66	kA	Fuente: <u>Okonite</u>

2.6. ANÁLISIS DEL NIVEL TENSIÓN REQUERIDO

Las cargas del presente proyecto al ser de tipo de alumbrado público, tomacorrientes y al existir un cuarto de máquinas, y al necesitar la instalación de una subestación de tipo poste, es necesario que existan los siguientes niveles de tensión:

NIVEL DE TENSION	VOLTAJE [V]
BAJA TENSION	127/220

2.7. CÁLCULOS DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

No aplica.

2.8. CÁLCULO DE TRANSFORMADORES INCLUYENDO EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA

No aplica ya que se conectará a red de distribución del operador de red.

2.9. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

En el presente diseño se seleccionan varillas de cobre de 2,4 metros de longitud y 5/8" Es muy importante asegurar que el sistema de puesta a tierra, nos aporte una baja resistencia de puesta a tierra, menor a los 10Ω , para garantizar, esta resistencia, como un control en las componentes de alta y baja frecuencia, el área de contacto del sistema de puesta a tierra con la tierra, debe ser lo más extensa posible, ejemplo el uso de láminas, flejes, pero debemos entender las restricciones físicas y económicas de la misma, es poco práctico instalar una placa de cobre como sistema de puesta a tierra, de este modo se utilizarán mallas, electrodos y materiales higroscópicos, que nos ayudarán a cubrir una gran superficie de contacto y de esta forma obtener una resistencia muy baja y siempre cumpliendo con las tensiones máximas permitidas de contacto y de paso. Como características típicas de una malla de puesta a tierra encontraremos:

- Los espaciamientos típicos entre conductores (D) están en el rango: $15m > D > 1m$
- Las profundidades típicas (h) están en el rango: $1.5m > h \geq 0.5 m$
- Los calibres típicos de conductores (ACM) están en el rango: $500 MCM > ACM \geq 2/0 AWG$
- El diámetro del conductor de la malla tiene un efecto despreciable sobre la tensión de malla.
- El área del sistema de puesta a tierra (A) es el factor más importante en la determinación de la resistencia de malla (R_g). Entre mayor sea A, menor será R_g y, por lo tanto, es menor la elevación del potencial de tierra (GPR).

El objetivo fundamental de las mediciones es encontrar un modelo de suelo que ofrezca una buena aproximación del suelo real. La resistividad varía lateralmente y con respecto a la profundidad, dependiendo de la estratificación del terreno. Las 32 condiciones climáticas influyen en la resistividad medida, razón por la cual, dichas mediciones deben realizarse, en lo posible, en época de verano prolongado para obtener la resistividad más alta y desfavorable.

Los modelos más comúnmente usados para la resistividad del suelo son:

- Modelo de suelo uniforme: Usado sólo cuando existe una variación moderada de la resistividad aparente. En condiciones de suelo homogéneo, que raramente ocurren en la práctica, el modelo de suelo uniforme puede ser razonablemente exacto.
- Modelo de suelo de dos capas: Es una representación muy exacta de las condiciones reales del suelo, y consiste en una capa superior de profundidad finita y con resistividad diferente a la de la capa más baja de espesor infinito.

- Modelo de suelo multicapa: Usado cuando las condiciones del suelo son más complejas.

Selección del tamaño del conductor

La elevación de temperatura de corto tiempo en un conductor de tierra, o el tamaño requerido del conductor como una función de la corriente de falla que pasa por el conductor, se encuentra mediante la ecuación:

$$A_{MCM} = I_f * \frac{197.4}{\sqrt{\frac{TCAP}{t_c + \alpha_r + \rho_r} * \ln \frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}}}$$

Donde:

I_f = Corriente asimétrica de falla RMS en KA, se usa la más elevada encontrada. R = Resistencia medida en (Ω)

A_{MCM} = Área del conductor en MCM.

T_m = Máxima temperatura disponible o temperatura de fusión en $^{\circ}\text{C}$.

T_a = Temperatura ambiente en $^{\circ}\text{C}$.

T_r = Temperatura de referencia para las constantes del material en $^{\circ}\text{C}$.

α_0 = Coeficiente térmico de resistividad a 0°C en $1/^{\circ}\text{C}$. 33

α_r = Coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia T_r $1/^{\circ}\text{C}$.

ρ_r = Resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia T_r $\mu\Omega\text{-cm}$.

$K_0 = 1/\alpha_0$ o $[(1/\alpha_0) - T_r]$ en $^{\circ}\text{C}$. TC = Duración de la corriente en seg.

$TCAP$ = Capacidad térmica por unidad de volumen en $\text{J} / (\text{cm}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$.

La fórmula simplificada da una aproximación muy buena :

$$A_{MCM} = I_f * K_F * \sqrt{t_c}$$

Donde:

K_F = Constante para el material, usando una

$T_a = 40^{\circ}\text{C}$ El tamaño del conductor realmente seleccionado es usualmente más grande que el que se basa en la fusión, debido a factores como:

a) El conductor debe resistir los esfuerzos mecánicos esperados y la corrosión durante la vida útil de la instalación.

b) El conductor debe tener alta conductancia para prevenir caídas de tensión peligrosas durante una falla.

c) La necesidad de limitarla temperatura del conductor.

d) Debe aplicarse un factor de seguridad a la instalación de puesta a tierra y a los demás componentes eléctricos.

Se acostumbra entonces emplear como calibre mínimo el N° 2/0 AWG de cobre de 7 hilos, con el fin de mejorar la rigidez mecánica de la malla y soportarla corrosión.

Resistividad de la capa superficial

Una capa de alta resistividad sobre la superficie ayuda a limitarla corriente que pasaría por el cuerpo humano, ya que esta capa agrega una resistencia a la resistencia promedio del cuerpo. Una capa superficial con un espesor(h_s) entre $0.15\text{m} \geq h_s \geq 0.1\text{m}$ de un material de alta resistividad como la grava o la roca volcánica triturada, colocada sobre la superficie más arriba de la malla, incrementa la resistencia de contacto entre el suelo y los pies de las personas en la subestación y la corriente por el cuerpo bajará considerablemente. La reducción depende de los valores relativos de las resistividades del suelo en contacto con la malla, y del espesor y material de la capa superficial.

La capa superficial también es útil para retardarla evaporación de la humedad, y así limitar el secado de las capas superiores durante los períodos de verano. Esta capa tiene una resistividad del orden de $5000 \Omega\text{-m} > \rho_s > 2000 \Omega\text{-m}$. Una capa con un espesor entre 0.1m y 0.15m , disminuye el factor de riesgo (relación entre la corriente del cuerpo y la corriente de cortocircuito) a una relación 10:1 comparado con la humedad natural de la tierra.

Se introduce aquí el factor de disminución de la capa superficial (CS), que puede ser considerado como un factor de corrección para calcular la resistencia efectiva del pie de una persona en presencia de un material superficial de espesor finito. La norma expone un procedimiento matemático y presenta unas gráficas para encontrar el valor de CS; sin embargo, también presenta una expresión empírica para el valor de CS, Este valor está dentro del 5% de los valores obtenidos con un método más analítico.

$$C_s = 1 - \frac{0.09 * \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2h_s + 0.09}$$

Donde:

C_s = Factor de disminución de la capa superficial

ρ = Resistividad del terreno (Ωm)

ρ_s = resistividad de la capa superficial (Ωm)

h_s = Espesor de la capa superficial

La norma también define el factor de reflexión entre las resistividades de materiales diferentes como:

$$k = \frac{\rho - \rho_s}{\rho + \rho_s}$$

Tratamiento de resistividad

Se propone un tratamiento al terreno para que así mismo se puedan cumplirlos criterios de resistividad en un alto rango de funcionamiento, y así asegurar que el dimensionamiento de malla a tierra cumpla según las dimensiones establecidas. No obstante, se deben de hacerlas mediciones posteriormente en sitio y corroborar los

datos. Para realizar el tratamiento es necesario utilizar productos de buenas cualidades hidros copias, como Electrigel, Favigel o similar, que permitirán, según los fabricantes, una disminución de hasta un 90% de la resistencia de la malla de puesta a tierra; teniendo en cuenta el tratamiento que se le deberá dar al terreno, se asumirá un tratamiento con un mejora de un 70% sobre la resistividad promedio del terreno, no se llevara al límite del 90%, según los fabricantes de estas soluciones, porque llegar a estos valores, dependerá mucho, de la mezcla y la cantidad de tratamiento que se vaya a utilizar con el suelo natural, considerando un pequeño margen de seguridad, consideramos que asumir un 70% en la disminución de la resistividad del terreno, es un valor adecuado con el cual desarrollaremos nuestros cálculos.

Criterios de tensión de paso y de toque tolerables

La seguridad de una persona depende de la prevención de cantidades críticas de energía de choque absorbidas por el cuerpo humano, antes de que la falla sea despejada y el sistema desenergizado. Los niveles de tensión máximos tolerables por un cuerpo humano de 50 kg. de peso corporal, durante un circuito accidental no debe exceder los siguientes límites:

- Tensión de paso límite tolerable por un cuerpo de 50 kg. de peso corporal:

$$EP_{50} = (1000 + 6C_S\rho_S) + \frac{0.116}{\sqrt{t_S}}$$

- Tensión de toque límite tolerable por un cuerpo de 50 kg. de peso corporal:

$$Et_{50} = (1000 + 1.5C_S\rho_S) + \frac{0.116}{\sqrt{t_S}}$$

Donde:

Las tensiones de paso y de toque reales deben ser menores que los respectivos límites máximos permisibles (o tolerables) para obtener seguridad.

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

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

$T_s =$ Duración del choque en (S)

$6C_B\rho_s = 2R_f =$ Resistencia a tierra de los dos pies separados 1m en serie sobre la capa superficial

$1.5C_B\rho_s = \frac{R_f}{2} =$ Resistencia a tierra de los dos pies juntos en serie sobre la capa superficial

$R_B = \rho/4b$ Resistencia a tierra de un disco metálico de radio b (b=0.08m) sobre la superficie de una malla homogénea de resistividad ρ

$C_B =$ Factor de disminución de la capa superficial.

$\rho_s =$ Resistividad del material de la capa superficial (Ωm)

Conforme a lo planteado, a continuación, se hace un análisis de la resistividad máxima que debe de tener el terreno para cumplir con los estándares de tensiones de paso y contacto permisibles por una persona y respetando una resistencia de tierra tolerable

Parámetro	Valor
Resistividad Promedio	160 Ωm
Resistividad Promedio (Con tratamiento)	48 Ωm
Capa superficial	3000 Ωm
Espesor de la capa superficial	0.1 m
Profundidad de enterramiento	0.80 m
Tiempo de despeje	150 ms
Corriente Cortocircuito	511 A
Cantidad de varillas	1
Longitud de la varilla	2.4 m
Grosor de la varilla	5/8"
Ancho de la malla	2 m
Longitud de la Malla	2 m
Inter distancias	0.5 m

Parámetro	Valor
Máxima tensión de paso permitida	4106.81 V
Máxima tensión de contacto permitida	1251.34 V
Tensión de paso calculada	3036.67 V
Tensión de contacto calculada	1102.81 V
Rg (Resistencia de puesta a tierra)	9.50 Ω

ρ (Ω -m)	Tratamiento del terreno al 70%
160,00	48,00

# de tomas	0	Capa superficial	Calculos para un peso promedio de 50kg
Long Varilla	2,44	Resistividad ρ	3000 Cs
Diam Varilla	0,015875	Espesor	0,1 0,7062099
# Varillas nr	1		K
			Factor de distribución de la capa superficial
			Rf
			Factor de reflexión
			6355,86207

TAMAÑO MALLA	
A =	2
B =	2

Tensiones permisibles				
E_t	E_p	$\sqrt{t}$	ρ	t
1.251,34	4.106,61	0,39	48,00	0,150

Tensiones Reales					PARAMETROS												
E_t	E_p	$\sqrt{t}$	ρ	t	CCC Maxima (t)	60% I	Lr (m)	LM (m)	LS (m)	kl	km	ks	a	m	d	D	h
1.102,81	3.036,67	0,39	48,00	0,150	1.250,00	750,00	2,44	22,44	17,07	1,38	0,5	1,04	5	5	0,016	0,5	0,80

Resistencia de tierra de la malla del SPT							
$L_n(2L/Raz(dch))$	$Raz(A)$	K1	K2	A(m2)	ρ/π	$Raz(dch)$	$R_t(\Omega)$
5,87	2,00	1,15	4,75	4,00	50,929463	0,11	9,62

Resistencia de las varillas de tierra del SPT, Resistencia mutua y Resistencia general						
No de Varillas	ϕ Varilla	$Raz(m)$	$(\sqrt{n} - 1)/2$	$R_0(\Omega)$	$R_m(\Omega)$	$R_g(\Omega)$
1	0,015875	1,00	0,00	27,93	8,03	9,50

2.10. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA TODOS LOS FACTORES DE PÉRDIDAS, LAS CARGAS RESULTANTES Y LOS COSTOS DE LA ENERGÍA.

2.10.1. CÓDIGO DE COLORES PARA CONDUCTORES

Con el objeto de evitar accidentes por errónea interpretación del nivel de tensión y tipo de sistema utilizado, se debe cumplir el código de colores para conductores aislados de potencia, establecido en las Tablas 3.5.a y 3.5.b según corresponda. Se tomará como válido para determinar este requisito el color propio del acabado exterior del conductor o una marcación clara en las partes visibles, con pintura, con cinta o rótulos adhesivos del color respectivo. Este requisito igualmente aplica a conductores desnudos, que actúen como barrajes en instalaciones interiores y no para los conductores utilizados en instalaciones a la intemperie diferentes a la acometida.

El código de colores establecido en la Tabla 3.5.a RETIE, no aplica para los conductores utilizados en instalaciones a la intemperie, diferentes a la acometida, tales como las redes, líneas y subestaciones tipo poste.

Tabla 3.5.a. Código de colores para conductores c.a.

Sistema c.a.	1Φ	1Φ	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ-	3ΦY	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ	3ΦY
Tensión nominal (voltios)	120	480/ 240/ 120	208/ 120	240	240/ 208/ 120	380/ 220	480/ 277	480 - 440	Más de 1 000 V	Más de 1 000 V
Conductor activo	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases	3 fases
Fase	Color fase o negro	Color fases o 1 Negro	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo	Amarillo Violeta Rojo
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Blanco o Gris	No aplica	No aplica	No Aplica
Tierra de protección	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	No Aplica
Tierra aislada	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	No aplica	No aplica	No Aplica

Fuente: Adoptada de la Resolución 90708 del 2013.

2.10.2. CAPACIDAD DE CORRIENTE DE LOS CONDUCTORES.

De acuerdo a los análisis de carga de los circuitos y guiado por las tablas facilitadas por la NTC 2050 y de los fabricantes de conductores, se determina el calibre y la distribución interna de los circuitos al igual que los respectivos cálculos de regulación y pérdidas de potencia por tramos. Tabla 3101 NTC 2050 segunda actualización, tablas de conductores suministrada por proveedores.

(enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30 °C.

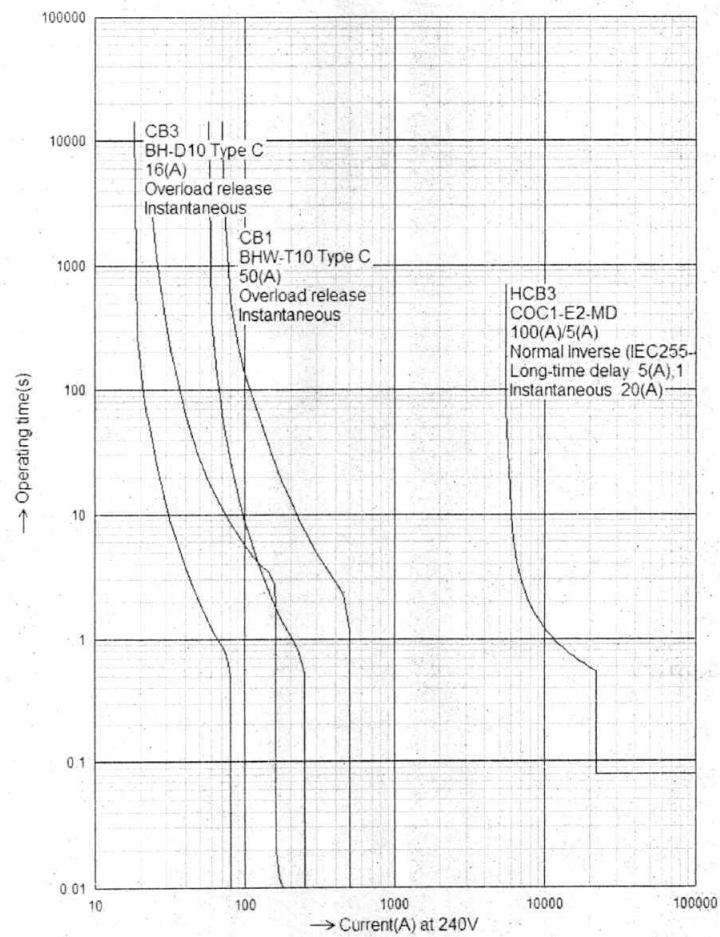
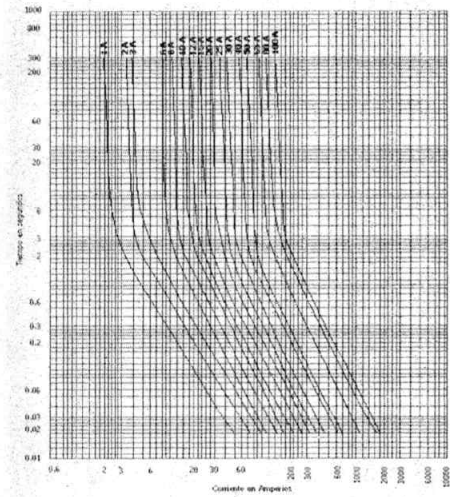
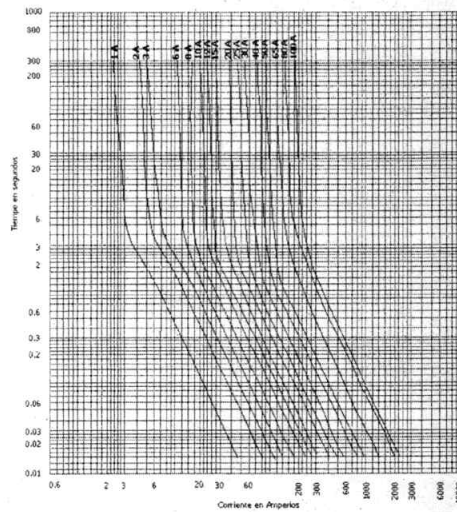
* Para los factores de corrección de la capacidad de corriente (*ampacity*) cuando la temperatura ambiente es distinta a 30 °C Ver la sección 310.15(B)(2). Consulte la sección 310.15(B)(3)(a) para más de tres conductores portadores de corriente.

2.10.3. SELECCIÓN DE CONDUCTOR PARA INSTALACIONES INTERNAS

No aplica.

2.11. 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.

Al realizar el análisis de carga en los circuitos, los conductores seleccionados deben permitir una circulación de una corriente mayor a la corriente nominal de plena carga. En este caso la acometida ramal de cada circuito de proyecta con el 1.25 % de acuerdo a la norma NTC 2050 en la sección 430-23. De igual manera el dispositivo de protección contra sobre-corrientes no debe permitir la circulación de una corriente mayor a la capacidad posible del conductor, pero tampoco debe ser menor a la del circuito a plena carga más un aumento controlado y razonable de corriente por efecto Joule. Por lo tanto, es importante tener en cuenta los tiempos mínimos de disparo y las corrientes permisibles para dichos dispositivos de protección. Adicionalmente otro tipo de falla puede ser la de cortocircuito la cual puede llegar a ser hasta 10 o más veces la corriente permisible de circulación por el conductor. Para el sistema del presente proyecto, en donde la estabilización del sistema al instante de accionar las cargas de iluminación es tan corta se configura el tiempo de disparo por corto circuito del totalizador en 0.1 segundos, esto es adecuado debido a que la corriente de falla de cortocircuito que circularía sería de aproximadamente 48 veces la nominal del interruptor, por tal motivo es importante el corte y despeje de la falla en el menor tiempo posible. En el caso de la corriente por sobre carga tenemos que el conductor calibre # 4 AWG AL tiene una máxima corriente de aguante de 95 [A] tabla 310-16 NTC 2050. Teniendo en cuenta que para una carga máxima para este proyecto tiene una corriente sería de 32.32 [A]. Para lo cual se selecciona un dispositivo de protección de acuerdo a la corriente de sobre carga con DIAL automático de disparo a los 10 [S]. Ver anexo cuadro de carga



2.12. CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECCIÓN Y SOPORTE DE REDES DE TRANSMISIÓN, DE DISTRIBUCIÓN, SUBESTACIONES Y CENTRALES DE GENERACIÓN

Este proyecto no cuenta con alcance de estructuras o postes en media tensión.

2.13. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES

Para el cálculo de la protección para la acometida, se tiene como base al calibre y la potencia instalable del conductor seleccionado para la acometida, teniendo en cuenta la capacidad de corriente demandada al igual que un porcentaje de reserva del 25 %, la capacidad instalada es de 19.01[A] corriente de fase y de acuerdo a los cálculos de regulación y pérdidas de potencia el conductor seleccionado es cable calibre 6 AWG Al SERIE 8000 THHN/THWN-2 600 [V] 90C°, con capacidad de corriente de 50 [A]. Se selecciona un interruptor automático totalizador de 2x50 [A] y capacidad interruptora de 25 [kA], esto sin limitar el cable si presenta un aumento de carga a futuro.

Y para los circuitos de alumbrado público se utilizará para cada uno de los dos circuitos será de 2x16A.

Ver anexos de diseño, cuadros de carga.

2.14. CÁLCULOS DE CANALIZACIONES (TUBOS, DUCTOS, CANALES Y ELECTRODUCTOS), BANDEJAS PORTACABLES Y VOLUMEN DE ENCERRAMIENTOS (CAJAS, CONDULETAS, ARMARIOS, ETC.)

Como las acometidas principales de los circuitos del proyecto se eligieron subterráneas, es importante dimensionar de forma correcta el diámetro de cada una de las canalizaciones que se debe implementar, Para la parte subterránea se utilizará tubería PVC SH 40, para lo cual se utilizará como referencia la tabla C10 de la NTC 2050.

Tabla C.10. (Continuación)

Tipo	Sección transversal del conductor		Diámetro comercial mm/pulgadas													
	mm ²	AWG/ kcmil	12 3/8	16 1/2	21 3/4	27 1	35 1 1/4	41 1 1/2	53 2	63 2 1/2	78 3	91 3 3/4	103 4	129 5	155 6	
CONDUCTORES																
RHH, RHW, RHW-2	5,25	10	—	2	5	8	15	20	34	49	77	104	135	214	307	
	8,36	8	—	1	3	5	9	12	20	29	46	62	81	128	184	
TW, THW, THHW, THW- 2, RHH*, RHW*, RHW-2	13,29	6	—	1	1	3	7	9	16	22	35	48	62	98	141	
	21,14	4	—	1	1	3	5	7	12	17	26	35	46	73	105	
	26,66	3	—	1	1	2	4	6	10	14	22	30	39	63	90	
	33,62	2	—	1	1	1	3	5	8	12	19	26	33	53	77	
	42,2	1	—	0	1	1	2	3	6	8	13	18	23	37	54	
	53,5	1/0	—	0	1	1	1	3	5	7	11	15	20	32	46	
	67,44	2/0	—	0	1	1	1	2	4	6	10	13	17	27	39	
	85,02	3/0	—	0	0	1	1	1	3	5	8	11	14	23	33	
	107,21	4/0	—	0	0	1	1	1	3	4	7	9	12	19	27	
	126,67	250	—	0	0	0	1	1	2	3	5	7	9	15	22	
	152,01	300	—	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8	13	19	
	177,34	350	—	0	0	0	1	1	1	2	4	6	7	12	17	
	202,68	400	—	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7	10	15	
	253,35	500	—	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5	9	13	
	304,02	600	—	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	7	10	
	354,69	700	—	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6	9	
	380,02	750	—	0	0	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8	
	405,36	800	—	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3	6	8	
	453,32	900	—	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	6	7	

Acometida	Calibre Conductor AWG	N° Conductores	PVC SH40
Alumbrado Público	6	6	1 1/2"

2.15. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA, TENIENDO EN CUENTA LOS EFECTOS DE ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA.

A continuación, se presenta el cálculo de las pérdidas de energía en el sistema de baja tensión.

CIRCUITO #1														CIRCUITO #2													
CÁLCULO DE LAS REDES A 15 AÑOS														CÁLCULO DE LAS REDES A 15 AÑOS													
TRAMO		LONG. TRAMO (MT)	Faro 40W	Cinta LED 14.4W	Bañador de pared 30W		Luminaria 38 W		KVA TOTAL TRAMO	MOMENTO ELEC. KVA-MT	TIPO DE CONDUCTOR:			% DE PERDIDAS													
					0.032	0.015	0.039	0.015			FASES		NEUTRO CALIBRE														
			0.042	0.015	0.032						No.	CALIBRE AVG	K E-3	CORRIENTE [A]	r (Ohm/km)	PI% = $\frac{r \times L}{V_L^2 \times I}$											
Cl-00	Cl-01	7	14	131	14	7	3,297	23.08	2	6 Al	-	0.00468	8.65	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-01	Cl-02	20.00	14	131	14	6	3,257	65.15	2	6 Al	-	0.00468	8.55	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-02	Cl-03	10.00	2			0	0.085	0.85	2	6 Al	-	0.00468	0.22	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-03	Cl-04	10.00	1			0	0.042	0.42	2	6 Al	-	0.00468	0.11	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-04	Cl-05	12.00	12	131	14	6	3,172	38.07	2	6 Al	-	0.00468	8.33	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-05	Cl-06	8.00	1			0	0.042	0.34	2	6 Al	-	0.00468	0.11	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-06	Cl-07	10.00	10	131	14	5	3,048	30.48	2	6 Al	-	0.00468	8.00	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-07	Cl-08	18.00	0			1	0.039	0.71	2	6 Al	-	0.00468	0.10	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-08	Cl-09	8.00	10	131	14	3	2,970	23.76	2	6 Al	-	0.00468	7.79	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-09	Cl-10	11.00	9	131	14	3	2,927	32.20	2	6 Al	-	0.00468	7.68	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-10	Cl-11	8.00	8	131	14	3	2,885	23.08	2	6 Al	-	0.00468	7.57	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-11	Cl-12	10.00	8	131	14	2	2,846	28.46	2	6 Al	-	0.00468	7.47	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-12	Cl-13	11.00	1			2	0.121	1.63	2	6 Al	-	0.00468	0.32	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-13	Cl-14	20.00	1			1	0.082	1.33	2	6 Al	-	0.00468	0.21	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-14	Cl-15	11.00	1			0	0.042	0.47	2	6 Al	-	0.00468	0.11	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-15	Cl-16	9.00	6	131	14	0	2,682	24.14	2	6 Al	-	0.00468	7.04	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-16	Cl-17	10.00	5	131	14	0	2,640	26.40	2	6 Al	-	0.00468	6.93	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-17	Cl-18	9.00	4	131	14	0	2,597	23.98	2	6 Al	-	0.00468	6.82	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-18	Cl-19	11.00	1	66	7	0	1,256	13.82	2	6 Al	-	0.00468	3.30	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-19	Cl-20	8.00	2			0	0.085	0.68	2	6 Al	-	0.00468	0.22	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-20	Cl-21	6.00	1			0	0.042	0.25	2	6 Al	-	0.00468	0.11	2.52	0.000257	0.000257											
Cl-00	Cl-01	7.00	16	176	14	4	3,946	27.62	2	6 Al	-	0.00468	10.35	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-01	Cl-02	20.00	16	176	14	4	3,946	78.91	2	6 Al	-	0.00468	10.35	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-02	Cl-03	5.00	7	131	14	0	2,725	13.62	2	6 Al	-	0.00468	7.15	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-03	Cl-04	10.00	1			0	0.042	0.42	2	6 Al	-	0.00468	0.11	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-04	Cl-05	13.00	2			0	0.085	1.10	2	6 Al	-	0.00468	0.22	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-05	Cl-06	8.00	1			0	0.042	0.34	2	6 Al	-	0.00468	0.11	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-06	Cl-07	13.00	3	131	14	0	2,555	33.22	2	6 Al	-	0.00468	6.71	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-07	Cl-08	8.00	2	131	14	0	2,513	20.10	2	6 Al	-	0.00468	6.59	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-08	Cl-09	11.00	1	66	7	0	1,256	13.82	2	6 Al	-	0.00468	3.30	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-09	Cl-10	20.00	9	45		3	1,182	23.63	2	6 Al	-	0.00468	3.10	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-10	Cl-11	7.00	2			0	0.085	0.59	2	6 Al	-	0.00468	0.22	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-11	Cl-12	7.00	1			0	0.042	0.30	2	6 Al	-	0.00468	0.11	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-12	Cl-13	19.00	7	45		2	1,058	20.09	2	6 Al	-	0.00468	2.78	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-13	Cl-14	5.00	7	45		0	0.979	4.90	2	6 Al	-	0.00468	2.57	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-14	Cl-15	13.00	6			0	0.255	3.31	2	6 Al	-	0.00468	0.67	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-15	Cl-16	6.00	1			0	0.042	0.25	2	6 Al	-	0.00468	0.11	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-16	Cl-17	13.00	4			0	0.170	2.21	2	6 Al	-	0.00468	0.45	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-17	Cl-18	6.00	3			0	0.127	0.76	2	6 Al	-	0.00468	0.33	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-18	Cl-19	8.00	2			0	0.085	0.68	2	6 Al	-	0.00468	0.22	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-19	Cl-20	8.00	1			0	0.042	0.34	2	6 Al	-	0.00468	0.11	2.52	0.0002567	0.0002567											
Cl-20	Cl-21	35.00	0			1	0.039	1.37	2	6 Al	-	0.00468	0.10	2.52	0.0002567	0.0002567											

2.16. CÁLCULOS DE REGULACIÓN DE TENSIÓN

En las siguientes tablas se presenta la regulación de tensión para sistema de baja tensión, de cada uno de los tres circuitos del proyecto.

CÁLCULO DE LAS REDES A 15 AÑOS										TIPO DE CONDUCTOR:			Monopolar		% DE REGULACIÓN	
TRAMO		LONG. TRAMO (MT)	Fase 40W	Cinta LED 14.4W	Buscador de pared 30W	Luminaria 38 W	KVA TOTAL TRAMO	MOMENTO ELEC. KVA-MT	FASES			NEUTRO CALIBRE	K'E-3	PARCIAL	ACUMULADO	
			0.042	0.015	0.032	0.039			No.	Calibre AWG						
CIRCUITO #1	CH-00						3.297	23.08	2	6 AL	-	0.00468	0.108	0.11		
	CH-01	7	14	131	14	7	3.257	65.15	2	6 AL	-	0.00468	0.305	0.41		
	CH-02	20.00	14	131	14	6	0.085	0.85	2	6 AL	-	0.00468	0.004	0.42		
	CH-03	10.00	2			0	0.042		2	6 AL	-	0.00468	0.002	0.42		
	CH-04	10.00	1			0	0.042		2	6 AL	-	0.00468	0.178	0.59		
	CH-05	12.00	12	131	14	6	3.172	38.07	2	6 AL	-	0.00468	0.002	0.59		
	CH-06	8.00	1			0	0.042	0.34	2	6 AL	-	0.00468	0.002	0.59		
	CH-07	10.00	10	131	14	5	3.048	30.48	2	6 AL	-	0.00468	0.143	0.73		
	CH-08	18.00	0			1	0.039	0.71	2	6 AL	-	0.00468	0.003	0.74		
	CH-09	8.00	10	131	14	3	2.970	23.76	2	6 AL	-	0.00468	0.111	0.85		
	CH-10	11.00	9	131	14	3	3.207	32.20	2	6 AL	-	0.00468	0.151	1.00		
	CH-11	8.00	8	131	14	3	2.865	23.08	2	6 AL	-	0.00468	0.108	1.10		
	CH-12	10.00	8	131	14	2	2.846	28.46	2	6 AL	-	0.00468	0.133	1.24		
	CH-13	11.00	1			2	0.121	1.33	2	6 AL	-	0.00468	0.006	1.24		
	CH-14	20.00	1			1	0.082	1.63	2	6 AL	-	0.00468	0.008	1.25		
	CH-15	11.00	1			0	0.042	0.47	2	6 AL	-	0.00468	0.002	1.25		
	CH-16	9.00	6	131	14	0	2.682	24.14	2	6 AL	-	0.00468	0.113	1.35		
	CH-17	10.00	5	131	14	0	2.640	26.40	2	6 AL	-	0.00468	0.124	1.47		
	CH-18	9.00	4	131	14	0	2.597	23.38	2	6 AL	-	0.00468	0.109	1.58		
	CH-19	11.00	1	66	7	0	1.256	13.82	2	6 AL	-	0.00468	0.065	1.65		
	CH-20	8.00	2			0	0.085	0.68	2	6 AL	-	0.00468	0.003	1.59		
CH-21	6.00	1			0	0.042	0.25	2	6 AL	-	0.00468	0.001	1.59			
CIRCUITO #2	CH-00						3.946	27.62	2	6 AL	-	0.00468	0.129	0.13		
	CH-01	7.00	16	176	14	4	3.946	78.91	2	6 AL	-	0.00468	0.370	0.50		
	CH-22	20.00	16	176	14	4	2.725	13.62	2	6 AL	-	0.00468	0.064	0.56		
	CH-26	5.00	7	131	14	0	0.042	0.42	2	6 AL	-	0.00468	0.002	0.56		
	CH-27	10.00	1			0	0.085	1.10	2	6 AL	-	0.00468	0.005	0.57		
	CH-28	13.00	2			0	0.042	0.34	2	6 AL	-	0.00468	0.002	0.56		
	CH-29	8.00	1			0	2.555	33.22	2	6 AL	-	0.00468	0.156	0.72		
	CH-30	13.00	3	131	14	0	2.513	20.10	2	6 AL	-	0.00468	0.094	0.81		
	CH-31	8.00	2	131	14	0	1.256	13.82	2	6 AL	-	0.00468	0.065	0.88		
	CH-32	11.00	1	66	7	0	1.182	23.63	2	6 AL	-	0.00468	0.111	0.99		
	CH-23	20.00	9	45		3	0.085	0.59	2	6 AL	-	0.00468	0.003	0.99		
	CH-33	7.00	2			0	0.042	0.30	2	6 AL	-	0.00468	0.001	0.99		
	CH-34	7.00	1			0	2.058	20.09	2	6 AL	-	0.00468	0.094	1.09		
	CH-24	19.00	7	45		2	0.979	4.90	2	6 AL	-	0.00468	0.023	1.11		
	CH-35	5.00	7	45		0	0.255	3.31	2	6 AL	-	0.00468	0.015	1.12		
	CH-36	13.00	6			0	0.042	0.25	2	6 AL	-	0.00468	0.001	1.13		
	CH-37	6.00	1			0	0.170	2.21	2	6 AL	-	0.00468	0.010	1.14		
	CH-38	13.00	4			0	0.127	0.76	2	6 AL	-	0.00468	0.004	1.14		
	CH-39	6.00	3			0	0.085	0.68	2	6 AL	-	0.00468	0.003	1.14		
	CH-40	8.00	2			0	0.042	0.34	2	6 AL	-	0.00468	0.002	1.14		
	CH-41	8.00	1			0	0.039	1.37	2	6 AL	-	0.00468	0.006	1.09		

2.17. ÁREAS CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS

Dadas las características de la zona donde se construirá el proyecto y las áreas aledañas, no existen áreas clasificadas como peligrosas, por lo tanto, no amerita la aplicación de medidas especiales para el diseño de las instalaciones eléctricas. Se evidencia en plano anexo.

2.18. DIAGRAMAS UNIFILARES

Se evidencia en plano anexo.

2.19. PLANOS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN

Se evidencia en plano anexo.

2.20. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS, INCLUYENDO LAS DE TIPO TÉCNICO DE EQUIPOS Y MATERIALES Y SUS CONDICIONES PARTICULARES.

Se evidencia en plano anexo.

2.21. DISTANCIAS DE SEGURIDAD O SERVIDUMBRE REQUERIDAS

Las distancias mínimas de seguridad que se deben conservar las partes energizadas respecto de las construcciones, son las establecidas en la Tabla 3.10.1.a del RETIE. En el plano anexo también se evidencia las distancias de seguridad.

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES			
Descripción	Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia (m)	
Distancia vertical "a" sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Figura 3.10.1. a.).	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 3.10.1. a.)	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 3.10.1. a.)	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 3.10.1. a.) 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	

Figura 3.10.1. a. Distancias de seguridad en zonas con construcciones.

Fuente: Adaptada de la Resolución 90708 de 2013.

En líneas de transmisión o redes de distribución, la altura de los conductores respecto del piso o de la vía, como lo señala la Figuras 3.10.2. a, no podrá ser menor a las establecidas en la Tabla 3.10.2. a. Los conductores de media tensión se proyectan a una altura de 9.5 metros aproximadamente.

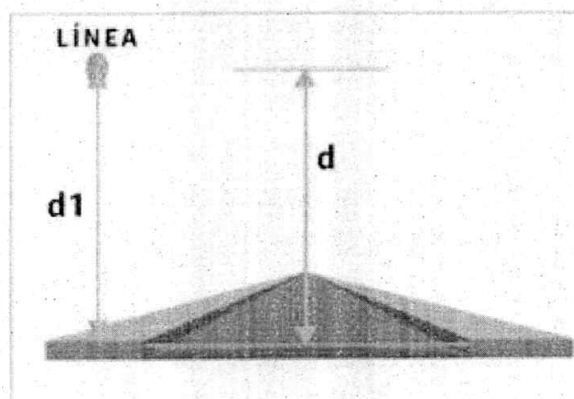


Figura 3.10.2. a. Distancias "d" y "d1" en cruce y recorridos de vías.

Fuente: Adaptada de la Resolución 90708 del 2013.

Descripción	Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia (m)
Cruce de líneas aéreas de baja tensión en grandes avenidas.	<1	5,6
Distancia mínima al suelo "d1" desde líneas que recorren avenidas, carreteras y calles (Figura 11.2.1.).	500	11,5
	230/220	8,0
	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	5,0
Distancia mínima al suelo "d" en zonas de bosques de arbustos, áreas cultivadas, pastos, huertos, etc. Siempre que se tenga el control de la altura máxima que pueden alcanzar las copas de los arbustos o huertos, localizados en las zonas de servidumbre (Figura 11.2.1.).	500	8,6
	230/220	6,8
	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	5,0
En áreas de bosques y huertos donde se dificulta el control absoluto del crecimiento de estas plantas y sus copas puedan ocasionar acercamientos peligrosos, o se requiera el uso de maquinaria agrícola de gran altura o en cruces de ferrocarriles sin electrificar, se debe aplicar como distancia "e" estos valores (Figura 11.2.2.).	500	11,1
	230/220	9,3
	115/110	8,6
	66/57,5	8,3
	44/34,5/33	8,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	8,1
	<1	7,5
Distancia mínima vertical en el cruce "f" a los conductores alimentadores de ferrocarriles electrificados, teleféricos, tranvías y trole-buses (Figura 11.2.3).	500	4,8
	230/220	3,0
	115/110	2,3
	66/57,5	2,0
	44/34,5/33	1,8
	13,8/13,2/11,4/7,6	1,8
	<1	1,2
Distancia mínima vertical respecto del máximo nivel del agua "g" en cruce con ríos, canales navegables o flotantes adecuados para embarcaciones con altura superior a 2 m y menor de 7 m (Figura 11.2.3)	500	12,9
	230/220	11,3
	115/110	10,6
	66/57,5	10,4
	44/34,5/33	10,2
	13,8/13,2/11,4/7,6	10,2
	<1	9,6
Distancia mínima vertical respecto del máximo nivel del agua "g" en cruce con ríos, canales navegables o flotantes, no adecuados para embarcaciones con altura mayor a 2 m. (Figura 11.2.3)	500	7,9
	230/220	6,3
	115/110	5,6
	66/57,5	5,4
	44/34,5/33	5,2
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,2
	<1	4,6
Distancia mínima vertical al piso en cruce por espacios usados como campos deportivos abiertos, sin infraestructura en la zona de servidumbre, tales como graderías, casetas o cualquier tipo de edificaciones ubicadas debajo de los conductores.	500	14,6
	230/220	12,8
	115/110	12
	66/57,5	12
	44/34,5/33	12
	13,8/13,2/11,4/7,6	12
	<1	12
Distancia mínima horizontal en cruce cercano a campos deportivos que incluyan infraestructura, tales como graderías, casetas o cualquier tipo de edificación asociada al campo deportivo.	500	11,1
	230/220	9,3
	115/110	7,0
	66/57,5	7,0
	44/34,5/33	7,0
	13,8/13,2/11,4/7,6	7,0
	<1	7,0

Fuente: Adoptada de la Resolución 90708 de 2013.

Las distancias obligatorias para la construcción del arranque en media tensión proyectado son:

Tabla 3.10.3.a. Distancias verticales mínimas en vanos con líneas de diferentes tensiones

		DISTANCIAS EN METROS								
Tensión nominal (kV) entre fases de la línea superior	500	4,8	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,6	5,3	7,1
	230/220	3,0	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6	2,9	3,6	
	115/110	2,3	1,7	1,7	1,7	1,8	1,9	2,2		
	66	2,0	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5			
	57,5	1,9	1,3	1,3	1,3	1,4				
	44/34,5/33	1,8	1,2	1,2	1,3					
	13,8/13,2/11,4/7,6	1,8	1,2	0,6						
	<1	1,2	0,6							
	Comunicaciones	0,6								
		Comunicación	<1	13,8/ 13,2/ 11,4/ 7,6	44/ 34,5/ 33	57,5	66	115/ 110	230/ 220	500
Tensión nominal (kV) entre fases de la línea inferior										

Fuente: Adoptada de la Resolución 90708 de 2013.

Nota 1: Las distancias están calculadas teniendo en cuenta la regla 233C2.a del NESC La tabla está basada en la tensión nominal fase-tierra.

Nota 2: Cuando el circuito inferior tenga cable de guarda, la distancia mínima vertical en el cruce será la que corresponda al nivel de tensión del circuito superior con la columna de menos de 1 kV.

2.22. JUSTIFICACIÓN DE DESVIACIONES TÉCNICAS CUANDO SEA ESTRUCTIVAMENTE NECESARIAS, SIEMPRE Y CUANDO NO COMPROMETA LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS O DE LA INSTALACIÓN.

No aplica.

2.23. LOS DEMÁS ESTUDIOS QUE EL TIPO DE INSTALACIÓN REQUIERA PARA SU CORRECTA Y SEGURA OPERACIÓN, TALES COMO CONDICIONES SÍSMICAS, ACÚSTICAS, MECÁNICAS O TÉRMICAS.

No aplica.

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

No aplica.