DISEÑO ELÉCTRICO

“CONSTRUCCIÓN DE UNA PLAZOLETA DE FERIAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MARTIN CESAR”

PLAZOLETA DE FERIAS, MUNICIPIO DE SAN MARTIN, CESAR

Propietario:

ALCALDÍA DE SAN MARTÍN, CESAR



Presenta

ING. GEOVANNY ALONSO GARCIA SANTIAGO
M.P. N.S 250-132106

San José de Cúcuta, JULIO 2025

Contenido

1. INTRODUCCION 3

3. ALCANCE DEL PROYECTO 5

4. REGLAMENTACION 6

5. RESUMEN DEL PROYECTO 6

6. MEMORIAS DE CÁLCULO 7

6.1 Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos. 7

6.2 Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico 14

6.3 Análisis de cortocircuito y falla a tierra 15

6.4 Análisis del nivel de riesgos por rayos 15

6.5 Análisis de origen eléctrico y medidas para mitigarlos 18

6.6 Análisis del nivel de tensión requerido 25

6.7 Cálculo de campos electromagnéticos 26

6.8 Cálculo de transformadores 26

6.9 Cálculo del sistema de puesta a tierra 26

6.10 Cálculo económico de conductores 29

6.11 Verificación de los conductores teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de corto circuito de la red y la capacidad de corriente del conductor 34

6.12 Cálculo mecánico de estructuras 38

6.13 Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes 38

6.14 Cálculo de canalizaciones, tubos, ductos, canaletas y electroductos 39

6.15 Cálculos de pérdidas de energía 42

6.16 Cálculos de regulación 43

6.17 Clasificación de áreas 44

6.18 Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción 44

6.19 Especificaciones de construcción complementarias a los planos 44

6.20 Establecer las distancias de seguridad requeridas 51

6.21 Justificación Técnica de desviación de la NTC 2050 56

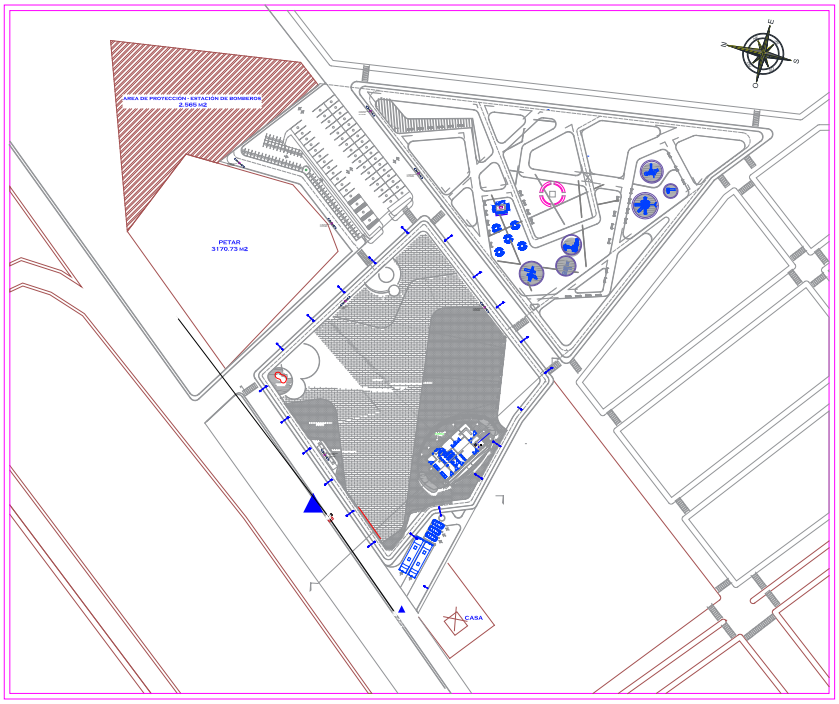
6.22 Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación. 56

1. INTRODUCCION

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO		
TIPO DE SERVICIO		Urbano
LOCALIZACIÓN	Dirección	Plazoleta De Ferias, Municipio De San Martin, Cesar
	Municipio	San Martin
	Departamento	CESAR
NÚMERO DE USUARIOS		2 usuarios OFICIALES
CIRCUITO ALIMENTADOR		N.A
OBJETO		El proyecto contempla el Diseño Eléctrico Para CONSTRUCCIÓN DE UNA PLAZOLETA DE FERIAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MARTIN CESAR
CARGA	Componentes	Red de media tensión, Transformador, sistema de medida, acometida de baja tensión, y tablero de circuitos, redes internas.
	Capacidad instalada	25KVA
	Demanda máxima	22.4 KVA
LONGITUD DE REDES	Media Tensión	30 m red de media tensión Dos líneas en cable 2/0 ACSR
	Baja Tensión acometida	10m cable de cobre 3x2 AWG Cu THHN 90°C
EQUIPO DE MEDIDA		2 medidores bifásicos electrónicos Act/React 100/5A 220/110V 3200 imp

2. LOCALIZACIÓN GENERAL

El área donde se localiza el proyecto se encuentra en municipio de SAN MARTIN, CESAR, predio ubicado en Plazoleta De Ferias, Municipio De San Martin, Cesar.



3. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto tiene el siguiente alcance:

- Red de media tensión 30m cable 2/0 ACSR.
- Transformador 25kVA Bifásico.
- Gabinete de 2 medidores.
- acometida de baja tensión 10 mts De cable 3x2 AWG Cu THHN 90°C.
- Instalación de Redes Internas.

4. REGLAMENTACION

En la realización del presente diseño se tendrán en cuenta los criterios aplicables contenidos en los siguientes documentos:

- ➢ Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE
- ➢ Código Eléctrico Colombiano – Norma NTC 2050
- ➢ Normas Técnica ESSA
- ➢ Norma NTC 4552-2
- ➢ IEC 62305-2
- ➢ IEC 60364

5. RESUMEN DEL PROYECTO

CUADRO RESUMEN

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLAZOLETA DE FERIAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MARTIN CESAR

RED MEDIA TENSION

LONGITUD	CALIBRE	TIPO DE RED	TIPO DE CONEXIÓN
30m	2/0	ACSR	BIFASICA
N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

ACOMETIDA BAJA TENSION

LONGITUD	CALIBRE	TIPO DE RED	TIPO DE CONEXIÓN
10	2	CONCENTRICO	TRIFÁSICA

USUARIOS

NUEVA	TIPO DE CONEXIÓN	TIPO DE SERVICIO	POTENCIA MAXIMA INSTALADA (KVA)
OFICINAS	FFN	OFICIAL	8 KVA
PARQUE	FFN	OFICIAL	17 KVA

6. ALUMBRADO PUBLICO

6.1. CATEGORIZACION DEL PROYECTO DE ALUMBRADO PÚBLICO

Clasificación	Clase de iluminación	Iluminancia promedio (luxes)	Uniformidad general $U_o \geq$ %
Canchas múltiples recreativas	C0	50	40
Plazas y plazoletas	C1	30	33
Pasos peatonales subterráneos	C1	30	33
Puentes peatonales	C2	20	33
Zonas peatonales bajas y aledañas a puentes peatonales y vehiculares	C2	20	33
Andenes, senderos, paseos y alamedas peatonales en parques	C3	15	33
Ciclo-rutas en parques	C2	20	40
Ciclo-rutas, senderos, paseos, alamedas y demás áreas peatonales adyacentes a rondas de ríos, quebradas, humedales, canales y demás áreas distantes de vías vehiculares iluminadas u otro tipo de áreas iluminadas	C4	10	40

Tabla 510.3 b. Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares.

- Parques, paseos, plazas, plazoletas, vías peatonales: **C3**

6.2. CARACTERISTICAS DE DISEÑO

6.2.1 Uso racional de energía en iluminación alumbrado público.

Incorporando los conceptos de uso racional y eficiente de energía, para conseguir una iluminación eficiente sin desatender las demandas visuales, los conceptos que se aplicaran son los siguientes:

- Se utilizarán luminarias para alumbrado público con fotometrías que permitan la mayor Inter distancia y menor altura del montaje.
- Se utilizarán luminarias con el más bajo flujo hemisférico superior (FHS) posible
- Conjuntos ópticos con el mejor factor de utilización y la mejor eficacia lumínica de la bombilla.
- Ángulos correctos de apertura para los proyectores
- Seguir las recomendaciones sobre posiciones de instalación de proyectores
- Usar controles temporizados para proyectores

En concordancia a lo ya mencionado se desarrollan intrínsecamente los siguientes cálculos, cumpliendo con los parámetros USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA **(URE)**, Artículo ***210.3 RETILAP Resolución 180540 (30-03-2010)***

6.2.2 Clasificación de las superficies de la calzada (estado seco).

Estimando los valores normalizados se clasifica la calzada de acuerdo con el patrón definido CIE:

R3: Revestimiento en hormigón bituminoso *(asfalto frio, asfalto cemento)* con tamaño de grava superior a 10mm, con textura rugosa superficies tratadas con texturas rugosa pero pulimentada.

6.2.3 Factor de mantenimiento (FM).

El factor de mantenimiento está dado por la fórmula: FM = Fe x DBL x Fb,

Fe: Depreciación de la luminaria por ensuciamiento. Las luminarias a utilizar deberán tener un grado de hermeticidad y protección contra el impacto IP66, en base a este dato y al tipo de superficies a iluminar se obtiene de la tabla 580.2.3 e RETILAP, el factor de ensuciamiento **Fe = 0.90** para parques.

Tipo de vía o clase de iluminación	Nivel de contaminación	Índice de hermeticidad (IP) de la luminaria	Periodo, en meses, de limpieza del conjunto óptico de la luminaria	Factor de Ensuciamiento F_E
Avenidas en el centro de algunas ciudades (*)	IV	6X (a)	6	0,91
		6X (b)	6	0,93
M2 y M3	III	6X (a)	12	0,91
		6X (b)	12	0,93
M4 y P1 a P3	II	6X (a)	24	0,89
		6X (b)	24	0,91
M5, P4 a P7 y parques	I	6X (a)	36 o cambio de la bombilla	0,90
		6X (b)		0,95

Tabla 580.2.3 e. Factores de ensuciamiento de las Luminarias, Según el nivel de polución, índice de hermeticidad y el período de limpieza utilizado

DLB: Depreciación del flujo luminoso de la bombilla, se asume = 1, sección *(580.2.3.e RETILAP)*
Fb: Factor de Balastro, se asume = 1, sección *(580.2.3.g RETILAP)*

Reemplazando los valores obtenemos el factor de mantenimiento para las diferentes calzadas a analizar:

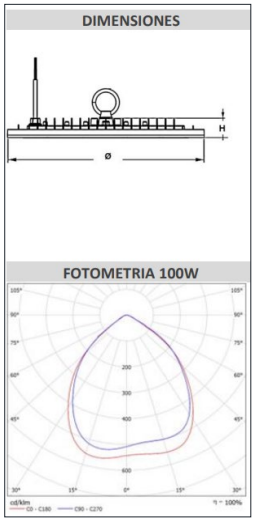
FM = (0.90) x (1) x (1) = **0.90** para parques

El periodo de limpieza del conjunto óptico de la luminaria como las utilizadas está 36 meses, o cambio de la bombilla.

6.3 DISEÑO Y RESULTADOS LUMÍNICOS

6.3.1 TARIMA. Tomando en cuenta los parámetros ya establecidos con anterioridad se procede a realizar una distribución de iluminación en puntos críticos mejorando la eficiencia de las lámparas

P23752-LED HIGHBAY 100W CW GC350 DIM

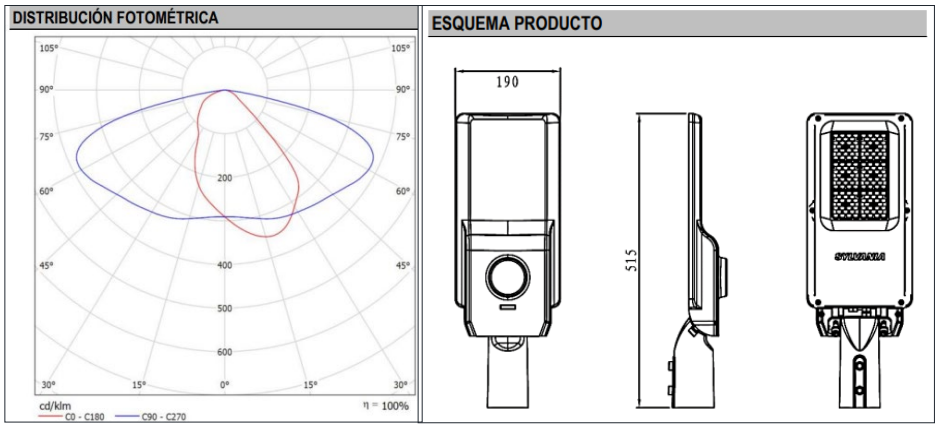


ZONA DE ANALISIS		CUBIERTA
CONFIGURACION		REFLECTOR
AREA ESPECIFICA		TARIMA
REF. LUMINARIA		P23752 LED HIGHBAY 100W
REFLECTOR		100W
POTENCIA (W)		100W
FUENTE LUMINOSA		LED
ALTURA MONTAJE (m)		4.5
INCLINACION (°)		0
Luminarias por poste		N.A
INTERDISTANCIA (m)		N.A
FM		0,90
Tipo de via		N.A
Resultados Iluminancia	E_m luxes	310
	Uo %	50
POSTES	Material	N.A
	Longitud	N.A

Como muestra el anexo los resultados superan los valores mínimos establecidos por el RETILAP para esta vía ya mencionados en el presente documento (3.4 Parámetros fotométricos y eléctricos a cumplir)

6.3.2 CICLORUTA. Tomando en cuenta los parámetros ya establecidos con anterioridad se procede a realizar una distribución de iluminación en puntos críticos mejorando la eficiencia de las lámparas.

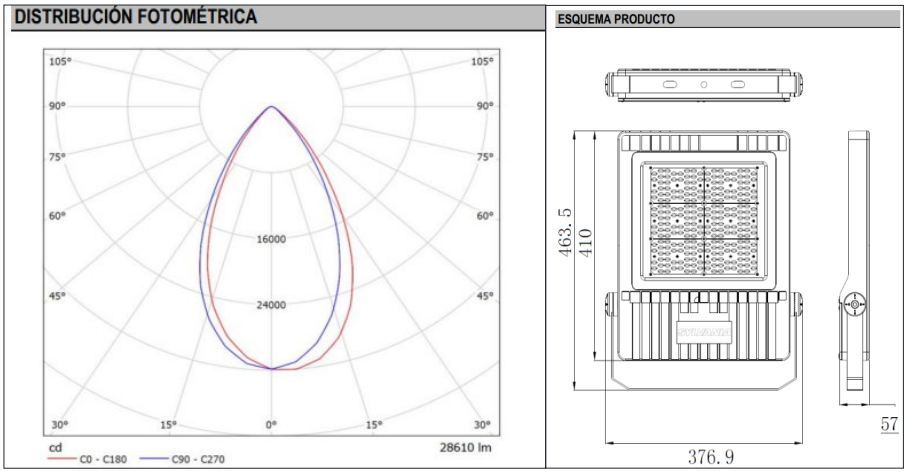
LED STREET ZD216 66W NW P27998



ZONA DE ANALISIS		CICLORUTA
CONFIGURACION		ALUMBRADO PUBLICO
AREA ESPECIFICA		CICLORUTA
REF. LUMINARIA		LEDSTREET ZD216 66W P27998
LUMINARIA		66W
POTENCIA (W)		66W
FUENTE LUMINOSA		LED
ALTURA MONTAJE (m)		8.5
INCLINACION (°)		0
Luminarias por poste		2
INTERDISTANCIA (m)		N.A
FM		0,90
Tipo de via		N.A
Resultados Iluminancia	E_m luxes	45.9
	Uo %	56
	Material	Acero galvanizado
POSTES	Longitud	9

6.3.3 PLAZA. Tomando en cuenta los parámetros ya establecidos con anterioridad se procede a realizar una distribución de iluminación en puntos críticos mejorando la eficiencia de las lámparas.

Proyector P27762-LED SYLFLOOD 300W CW 45Â°



ZONA DE ANALISIS		PLAZA
CONFIGURACION		REFLECTOR
AREA ESPECIFICA		PLAZA
REF. LUMINARIA		P27762-LED SYLFLOOD 300W
REFLECTOR		300W
POTENCIA (W)		300W
FUENTE LUMINOSA		LED
ALTURA MONTAJE (m)		11.8
INCLINACION (°)		0
Luminarias por poste		1
INTERDISTANCIA (m)		N.A
FM		0,90
Tipo de via		N.A
Resultados Iluminancia	E_m luxes	27.8
	Uo %	33
POSTES	Material	Acero galvanizado
	Longitud	12

Como muestra el anexo los resultados superan los valores mínimos establecidos por el RETILAP para esta vía ya mencionados en el presente documento (3.4 Parámetros fotométricos y eléctricos a cumplir)

6.3.3 Resultados para indicadores de eficiencia energética.

Cumpliendo con los requerimientos del reglamento RETILAP se tiene en cuenta el uso racional y eficiente de energía.

Eficiencia lumínica en el TARIMA:

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	310 lx	≥ 300 lx	✓	WP4
	U_o (g_1)	0.50	≥ 0.33	✓	WP4
	Potencia específica de conexión	3.60 W/m²	–		
		1.16 W/m²/100 lx	–		
Valores de consumo[2]	Consumo	5309 kWh/a	máx. 7950 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	2.67 W/m²	–		
		0.86 W/m²/100 lx	–		

Eficiencia lumínica en CICLORUTA:

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	45.9 lx	≥ 10.0 lx	✓	WP2
	U_o (g_1)	0.56	≥ 0.40	✓	WP2
Valores de consumo[2]	Consumo	12233 kWh/a	máx. 41000 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	1.19 W/m²	–		
		2.60 W/m²/100 lx	–		

Eficiencia lumínica en la Plaza:

Resultados

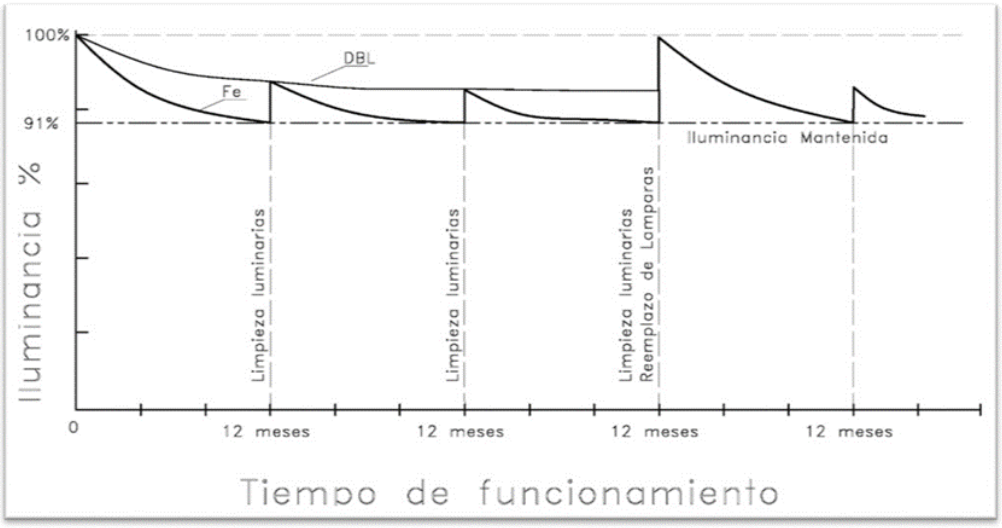
	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	27.8 lx	≥ 5.00 lx	✓	WP1
	U_o (g_1)	0.33	≥ 0.25	✓	WP1
	Potencia específica de conexión	0.45 W/m²	–		
		1.61 W/m²/100 lx	–		
Valores de consumo[2]	Consumo	12144 kWh/a	máx. 198500 kWh/a	✓	
Área	Potencia específica de conexión	0.24 W/m²	–		
		0.88 W/m²/100 lx	–		

6.4 PLAN DE MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES A.P.

Las características fotométricas y mecánicas de una instalación de alumbrado exterior se degradarán a lo largo del tiempo debido a numerosas causas, siendo las más importantes las siguientes:

- La baja progresiva del flujo emitido por las lámparas.
- El ensuciamiento de las lámparas y del sistema óptico de la luminaria.
- El envejecimiento de los diferentes componentes del sistema óptico de las luminarias (Reflector, refractor, cierre, etc.).
- El cese prematuro del funcionamiento de las lámparas.
- Los desperfectos mecánicos debidos a accidentes de tráfico, actos de vandalismo, etc.

Figura 1 - esquema de mantenimiento



***DBL**: Depreciación por descendimiento del flujo luminoso de la bombilla. **Fe**: Depreciación de luminaria por ensuciamiento.*
*Ver sección **(4.2.3 Factor de mantenimiento (FM))***

Una instalación de alumbrado público operará eficientemente a lo largo de su vida útil , siempre y cuando sea mantenida. Aunque es inevitable el deterioro en la calidad, aún en instalaciones bien mantenidas, el deterioro será mayor si el mantenimiento no se lleva a cabo.

Entre mayor sea el tiempo en que se efectúe el mantenimiento (factor de conservación bajo), el nivel de iluminancia inicial alto, caerá por debajo de lo especificado y por tanto el consumo de energía durante la vida de la instalación será mayor. Con un esquema de mantenimiento adecuado (factor de conservación alto), se asegura una instalación de alumbrado efectiva, tanto desde el punto de vista energético como económico.

En general hay ciertas recomendaciones que se deben tener en cuenta cuando se realice el mantenimiento:

6.4.1. Mantenimiento de Bombillas de alumbrado público.

TABLA 7-CAUSAS QUE HACEN QUE LA BOMBILLA NO ENCIENDA:

CAUSAS	SOLUCIONES
Fin de la vida útil de la bombilla	Utilizar una bombilla de prueba en la misma luminaria , con el fin de verificar las condiciones de funcionamiento, reemplazar la bombilla si es necesario.
Bombilla mal ajustada en el porta bombilla	Inspeccionar el casquillo de la bombilla y la parte roscada del porta bombilla para ver si existe alguna indicación de arco eléctrico. Apretar la bombilla para que su ajuste sea el adecuado. Si el casquillo está deformado y no se puede colocar apropiadamente, reemplazar la bombilla.
Control fotoeléctrico inoperante	Verificar que el foto control se encuentre bien ajustado en su base, cubrirlo durante algunos segundos y reemplazarlo si la bombilla no enciende. Si se cuenta con equipo de control múltiple comprobar que la

	tensión y la intensidad son las adecuadas, para su correcta operación; verificar continuidad entre los terminales de la bobina y el estado de los fusibles.
Alambrado defectuoso o inapropiado	Verificar que el alambrado esté de acuerdo con el diagrama del balasto. Examinar el alambrado de la línea de alimentación al balasto y del balasto al porta bombillas para establecer continuidad. Asegurarse del buen estado de las conexiones.
Tensión baja en la luminaria	Verificar la tensión de alimentación del balasto. Para la mayoría de los balastos este valor debe estar entre 10% del valor nominal. La revisión deberá efectuarse con carga completa. Si el balasto cuenta con derivaciones, se deberá seleccionar la derivación de acuerdo con la tensión de alimentación medida en el balasto. Si se detecta baja tensión incrementar éste o mover la derivación a la siguiente posición. Si existe una mala conexión corregir la forma de derivación.
Balasto inadecuado	Asegurarse de que las especificaciones del balasto estén de acuerdo con la tensión de línea y de bombilla. Un balasto inadecuado causará que la bombilla falle prematuramente

Balasto en cortocircuito	Un balasto en cortocircuito causa generalmente la rotura en los sellos del tubo de arco con un ennegrecimiento indicativo en el área de sellado. La condición de cortocircuito puede presentarse debido a que los condensadores, los conductores de alimentación de la luminaria o las bobinas del balasto se encuentran en cortocircuito. Por ello es importante que antes de colocar una bombilla en una luminaria se revise el conjunto eléctrico, ya que en el caso de bombillas que no necesitan pulso de arranque, como las bombillas de mercurio, estas pueden explotar al ser colocadas y estar el balasto en cortocircuito , provocando lesiones graves al operario. En este caso se recomienda colocar en el porta bombilla, primero una bombilla incandescente de 150 V o 220 V y dependiendo del brillo de la luz de la bombilla, determinar si el balasto está en corto o no.
Fin de la vida útil del balasto	La apariencia del balasto nos puede dar un indicio de las condiciones de trabajo. Si el balasto está carbonizado, nos indica que ha estado sujeto a un calentamiento excesivo.
Insuficiente tiempo de enfriamiento cuando la bombilla ha estado operando (reencendido)	Toda bombilla de descarga de alta intensidad, requiere de un período para restablecer las condiciones de arranque óptimas, cuando existe una interrupción momentánea en la línea de alimentación después que la bombilla ha estado operando. En una luminaria, el tiempo de reencendido varía de acuerdo con la temperatura ambiente y las corrientes de aire existentes. La bombillas de vapor de mercurio, requieren de 4 a 8 minutos para enfriarse y las bombillas de sodio alta presión, requieren de 1 minuto aproximadamente.
Arrancador inadecuado (Sodio alta presión y mercurio halógeno)	El diseño de los balastos y arrancadores, requiere que los dos componentes sean compatibles, para proveer el pulso de arranque de nivel apropiado. Un bajo pulso no arrancará la bombilla, un alto pulso causará la destrucción de los componentes de la bombilla.
Arrancador defectuoso (Sodio alta presión y mercurio halógeno)	Si el pulso de alto voltaje que provee el arrancador, no se genera o está abajo de las especificaciones, la bombilla fallará en el arranque. Si el arrancador proporciona valores por debajo de los especificados inicialmente, la bombilla puede arrancar pero fallará en arranques

	subsecuentes, ya que la tensión de arranque requerido por la bombilla, puede incrementarse durante cortos períodos mientras la bombilla se encuentra en su periodo de encendido.

Tabla 8- Causas que acortan la vida de la bombilla

CAUSAS	SOLUCIONES
Bulbo exterior agrietado	Si el aire entra en el bulbo exterior, el tubo de arco puede continuar trabajando aproximadamente 100 horas antes que se produzca la falla. Revisar si el bulbo está roto donde se une la base, debido a la fuerte presión en el momento de colocar la bombilla en el portabombillas o si existen rayaduras producidas por el portabombillas. Observar si el tubo de arco no está roto o existe alguna parte de metal desprendida. El bulbo roto causará la oxidación de las partes metálicas. En bombillas de vapor de sodio alta presión el deposito de material oscuro, cerca del cuello del bulbo se volverá blanco o desaparecerá. En cualesquiera de los casos anteriores reemplazar la bombilla.
Balasto inadecuado o en mal estado	La selección de un balasto inadecuado que no esté de acuerdo con la tensión de la red y de la bombilla causa que la bombilla falle prematuramente. Un balasto en cortocircuito causa la rotura en los sellos del tubo de arco de la bombilla.
Fluctuaciones de tensión en la red	Cuando hay deficiencias en la regulación de tensión de la red, es posible sobre todo en las horas de la madrugada tener altas tensiones que ocasionan un aumento en la corriente de la bombilla, aumentándose el desgaste en los electrodos del tubo de descarga y causándose con ello una disminución de la vida de la bombilla.

Tabla 9- Causas del parpadeo de la bombilla (intermitente o cíclico)

CAUSAS	SOLUCIONES
Balasto inadecuado	Con bombillas de vapor de mercurio, un balasto inadecuado causará parpadeo o una operación errática. Las bombillas de vapor de sodio alta presión, ciclearán si el balasto no proporciona la suficiente tensión de circuito abierto para el sostenimiento de la bombilla y esto sucede generalmente cuando la bombilla de sodio llega al final de su vida útil. Una discontinuidad en el alambrado del balasto, también puede causar el parpadeo. Comprobar la tensión de circuito abierto del balasto y la tensión de alimentación de la luminaria.
Tensión variable	Verificar si las condicione de tensión del transformador son adecuadas. Asegurarse que no existan falsos contactos, malas conexiones o cargas ajenas al sistema de alumbrado, conectadas a la línea tales como motores o máquinas de soldar.
Alta descarga en la bombilla	El funcionamiento químico de una bombilla defectuosa, algunas veces causa que ésta demande mayor tensión del que el balasto puede

	suministrar, dando como resultado que la bombilla se apague y se encienda en forma cíclica. Reemplazar la bombilla.
Fin de la vida útil de la bombilla (sodio alta presión únicamente)	Debido a que la bombilla de vapor de sodio a alta presión se enciende por lo general en largos periodos de tiempo, su tensión de operación tiende a incrementarse. Esta tensión puede llegar a valores en donde el balasto no puede sostener la bombilla. Cuando esto sucede, la bombilla mostrará características de cícleo encendiéndose y apagándose. Reemplazar la bombilla después de verificar la tensión de circuito abierto del balasto, con la tensión de operación de la bombilla a su tensión nominal.

Tabla 10 - Causas que hacen que la bombilla produzca emisión lumínica reducida

CAUSAS	SOLUCIONES
Acumulación de polvo	Efectuar limpieza de la bombilla y la luminaria
Depreciación normal del flujo luminoso a través de sus horas de vida	Reemplazar la bombilla
Tensión incorrecta en el balasto	Comprobar que la tensión de alimentación del balasto y la tensión seleccionada en la derivación del mismo coincidan. Si el balasto no cuenta con derivaciones, comprobar el rango de tensión de alimentación al balasto, revisar sus conexiones y el contacto en el portabombillas. Comprobar los parámetros proporcionados a la salida del balasto, asegurándose que cumplan con los requerimientos de la bombilla. Si la tensión y la corriente no se estabilizan en 5 o 10 minutos, tiempo de calentamiento, los parámetros proporcionados por el balasto son incorrectos. Comprobar si el alambrado al condensador es el adecuado. Un balasto inadecuado causa que la bombilla falle prematuramente.

Tabla 11- Causas de rotura de la bombilla

CAUSAS	SOLUCIONES
Colocación inadecuada	Colocar la bombilla hasta hacer un contacto firme, no forzar demasiado la bombilla
Exceso de temperatura en la bombilla	Cuando la tensión en la red es muy alta, se incrementa la corriente en la bombilla y se produce un recalentamiento excesivo que en algunos casos llega a romper el bulbo de vidrio de la bombilla.
Contacto del bulbo con partes metálicas	El recalentamiento producido por la bombilla al estar en contacto con una parte metálica de la luminaria puede fracturar el vidrio de la bombilla.

Tabla 12- Diferencia de color entre bombillas de un mismo grupo

CAUSAS	SOLUCIONES
Envejecimiento de la bombilla	Al envejecerse la bombilla, existirá una disminución normal en la emisión lumínica y en la brillantez, pero puede ocurrir un ligero cambio de color. Un sistema de mantenimiento con reemplazo individual, puede mostrar diferencias notables en el color de las bombillas. Un sistema de reemplazo colectivo, minimizará este problema.

Rango de tolerancia de fabricación	Todo proceso de manufactura requiere de tolerancias para la fabricación. Las ligeras diferencias en los colores de las bombillas, pueden ser causadas por la variación en las cantidades de material es en el tubo de arco. Si las variaciones son notables, consultar al proveedor de las bombillas. Adicionalmente, el color se afecta por las variaciones de tensión. Los vatios proporcionados a las bombillas de descarga de alta intensidad, pueden variar: • En más o menos 5% para luminarias que utilizan bombillas de sodio y mercurio con balasto tipo reactor. • En más o menos 10% para luminarias que utilizan bombillas de sodio con balasto tipo autoregulado CWA.
Variaciones en luminarias	Las variaciones en la superficie o acabado de los reflectores pueden causar diferencia de color. Intercambiar la bombilla para verificar la posible diferencia en luminarias. El polvo en las superficies de las luminarias, puede crear diferencia en el color, de aquí la importancia de una limpieza adecuada.

Tabla 13 - Causas del ennegrecimiento del tubo de arco o deformación del mismo

CAUSAS	SOLUCIONES
Operación a sobrevatiaje	Comprobar la posibilidad de que la bombilla esté operando con un balasto diseñado para una bombilla de mayor potencia. Una operación con sobrevatiaje puede causar un ennegrecimiento prematuro. Comparar los datos del balasto con los de la bombilla.
Excesiva corriente o tensión. Condensador en cortocircuito	Comprobar la tensión en el balasto. Verificar la posibilidad o existencia de un exceso de corriente o tensión el cual puede dañar el tubo de arco en los sellos del mismo o bien destruir los listones de conexión en el interior de la bombilla. Comprobar si no existe un cortocircuito en el(los) condensador(es) y en tal caso reemplazar el balasto.
Problema de reflector de la luminaria	El reflector puede concentrar energía en el tubo de arco causando sobrecalentamiento. La luminaria deberá ser analizada en un laboratorio fotométrico.
Operación a brillo parcial	Sobre ciertas condiciones de operación de la bombilla y/o balasto, la bombilla operará a una descarga parcial (resplandor azul tenue), condición que causará el envejecimiento del tubo de arco y corta vida. Verificar el balasto y la posición de operación de la bombilla, ya que puede ser una bombilla de operación horizontal base hacia abajo o base hacia arriba, diferente a la posición en la cual está funcionando.

6.4.2. Mantenimiento de luminarias y proyectores de alumbrado público.

La conservación de toda instalación es básica para el desempeño de la misma y de su aumento de la vida útil.

Una instalación de alumbrado público requiere fundamentalmente la limpieza de la suciedad que se acumula en las bombillas, reflectores y refractores de las luminarias, ya que esto es lo que más contribuye a la depreciación del sistema de alumbrado público; además la larga vida de las bombillas de descarga en gas (20000 horas) obligan a que periódicamente se hagan programas de limpieza de las luminarias, independiente de la necesidad del cambio de bombillas.

Un período razonable de limpieza en zonas de polución media o muy polucionadas es de por lo menos una vez al año y como máximo cada dos años. En sitios de polución excesiva la limpieza debe hacerse con mayor frecuencia.

En el mantenimiento de luminarias, las cuadrillas deben disponer de paños o estopa, detergentes y esponjas necesarios para los trabajos de limpieza.

Los detergentes no deberán ser ni muy ácidos ni muy alcalinos para limpiar los reflectores de aluminio. Las superficies de los vidrios refractores deberán ser aseadas con virutas finas de acero frotándolas después con un paño o estopa limpia y seca.

No hay que generalizar en cuanto a la utilización de los mismos productos que se usan para el vidrio refractor, ya que lo vidrios lisos no lo necesitan y los refractores acrílicos pueden alterar su estabilidad física y perjudicar su transparencia.
Es importante realizar los trabajos de limpieza en las instalaciones de alumbrado público porque la mayor pérdida de flujo luminoso se debe principalmente a la suciedad y polvo que se acumula en las bombillas y luminarias que puede representar hasta un 40% de los valores iniciales de los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado público.

Al hacer el cambio de una bombilla se debe limpiar el reflector de la luminaria, verificar que la luminaria esté bien asegurada al soporte y que esté bien instalada, verificar la adecuada orientación del ojo (fotocelda) de la foto control. Se debe garantizar la hermeticidad del cierre del conjunto óptico de la luminaria, en el caso de luminarias cerradas.

Cuando se realicen reemplazos de luminarias, se debe tener en cuenta que deben ser cambiadas por luminarias de las mismas características fotométricas y preferiblemente de la misma referencia, para conservar el diseño de la vía.

6.4.3. Mantenimiento de los circuitos de alumbrado público.

Antes de abordar el mantenimiento correctivo de los circuitos de alumbrado público hay necesidad de revisar y descartar la posibilidad de que el daño sea debido a las bombillas, luminarias y controles de alumbrado. Generalmente cuando se presenta un daño en la red de alumbrado público se afecta a varias luminarias del circuito, sí no es que las afecta a todas.

En el caso de control múltiple de alumbrado, aunque la red esté en buen estado, se puede presentar un daño que afecte todas las luminarias debido a desperfectos en el control.

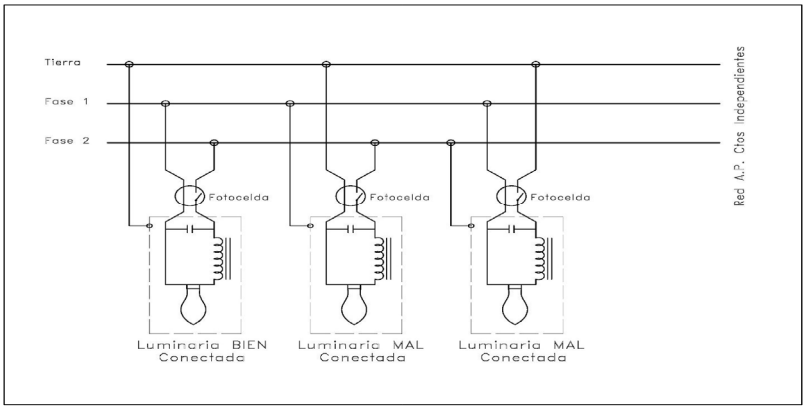
6.4.3.1 Defectos del circuito de alumbrado debido a conexión incorrecta de las luminarias.

En redes de distribución de baja tensión, debido a que se hace un control individual mediante fotocelda del circuito de alumbrado, cada luminaria dependerá de su propio control para su encendido y apagado.

En el caso de CENS Mediante la concesión de alumbrado público de SAN MARTIN el alumbrado público será alimentado y cobrado de un circuito de b.t. red aérea independiente.

Cuando existe desorganización en la conexión de las luminarias en un circuito red de alumbrado público (ver figura) se pueden presentar los siguientes casos:

Figura 2 - Ejemplo conexiones A.P.



6.4.3.2. Cortocircuitos entre conductores.

Debido al deterioro del aislamiento por envejecimiento natural, recalentamiento por originadas en cortocircuitos de luminarias, mal manejo de los cables al introducirlos en la ductería, o al ataque del medio ambiente, ocasiona que hagan contacto eléctrico dos o más conductores.

Este defecto provoca la actuación de la protección y por lo tanto la apertura del circuito. El daño se identifica mediante prueba de aislamiento con un medidor de aislamiento (MEGGER), en el extremo de los conductores del circuito que presenta la falla. Una vez identificado el daño, se localiza éste destapando las cajas de inspección.

6.4.3.3. Falla a tierra.

Por causas similares a las del defecto antes mencionado, un conductor de fase puede ponerse a tierra.

Si el contacto es pleno, la anomalía puede hacer actuar la protección. Si el contacto tiene una alta impedancia, la falla constituye una carga adicional que ocasiona caída de tensión en el circuito. Esta falla se identifica y localiza como el defecto anterior.

6.4.3.4. Discontinuidad en una de las fases del circuito de alumbrado.

Golpes accidentales, movimientos frecuentes, oxidación o un calentamiento excesivo del conductor causado por sobrecarga o corto circuito puede provocar su rotura, dejando sin alimentación al circuito a partir de punto de falla.

El daño se identifica por ausencia de tensión detectada mediante un voltímetro conectado en el extremo del circuito.

Para su localización se requiere realizar mediciones de tensión sucesivas, por tramos, comenzando por el extremo del tramo que se encuentre fuera de servicio avanzando de la fuente hacia las cargas.

6.4.4. Mantenimiento disponible al operador o propietario.

A fin de mantener las iluminancias propias del diseño se desarrolla un plan de mantenimiento a ejecutar en tiempos establecidos, para evitar averías y/o fallos de la misma, antes de que ocurran, dicho plan de mantenimiento debe ser ejecutado por personal idóneo con todos los elementos de seguridad, riesgos profesionales y capacitado en el tema, con tarjeta profesional de técnico electricista y con certificado de trabajo en alturas.

6.4.4.1 Mantenimiento operativo.

Tareas que son necesarias realizar en forma urgente para reestablecer el sistema. Se actúa ante un mal funcionamiento de alguna de las partes que componen el sistema.

Se establece como tiempo máximo para reestablecer la falla, el de 24 horas para el caso de fallas que se originan en un punto (Lámparas quemadas, fusibles quemados, fotocélula quemada, contactor o interruptor que no funciona, corto circuito en placa de conexión de columnas etc.) y para el caso en que el defecto se detecte que no es en un punto, y donde se debe localizar el lugar en donde se originó la falla, se deberá tomar como máximo un plazo de 24 hs. Para informar en el libro de Órdenes de servicio / notas de pedido el diagnóstico y los tiempos esperables para reestablecer el servicio.

En todos los casos, se deberán utilizar materiales de primera calidad, similares a los existentes:

- **Control del encendido y apagado:** cualquiera sea el método de accionamiento, este se ajustará al horario establecido. La verificación del mismo se instrumentará a partir de recorridos periódicos preestablecidos.
- **Reparaciones inmediatas:** Considerando estas, todas aquellas fallas que se encuentren registradas y comunicadas:
- **Lámparas:** se procederá a su inmediato reemplazo en caso de verificarse su rotura, agotamiento o que se encuentre quemada.
- **Equipos auxiliares:** toda vez que se verifique la falla de alguno de sus elementos, este será reemplazado por otro de similares características y parámetros similares.
- **Interruptores fotoeléctricos:** serán reemplazados inmediatamente de verificarse su mal funcionamiento.
- **Protecciones quemadas:** previa verificación de las causales que dieran origen a esta, las mismas serán repuestas.
- **Conductores eléctricos:** se reparan de acuerdo las reglas del buen arte. Previa evaluación de las fallas que pudieran dar origen a su reparación, se regularizara su condición normal, en igual tiempo que los estipulados para los puntos precedentes.
- **Columnas:** para los casos de desprendimientos o caídas de columnas, luminarias, etc., se procederá a su restitución.

6.4.4.2. Mantenimiento Preventivo.

Son tareas que hacen a prevenir fallas o a actuar sobre elementos que hacen que el sistema no funcione de una manera óptima.

El mantenimiento Preventivo en Instalaciones de Alumbrado Público consiste en la revisión periódica de todos y cada uno de los elementos de la Instalación, efectuando las tareas necesarias para evitar averías y/o fallos de la misma, antes de que ocurran. Es fundamental siempre comenzar con la

realización de un Inventario (número, tipo y ubicación de los puntos de luz, sistemas de control, cuadros eléctricos, planos, etc.) y de un Plan de Mantenimiento, incluyendo la Gestión de recambios, a continuación, se plantea un plan de mantenimiento a ejecutar en las redes de alumbrado público Conjunto cerrado torres del centenario:

Tabla 14- Plan de mantenimiento disponible al operador o propietario

ACTIVIDAD / CICLO	Cada 3 meses o (1000 hs.) Aprox	Cada 6 meses o (2000 hs.) Aprox	Cada 12 meses o (4000 hs.) Aprox	Cada 24 meses o (8000 hs.) Aprox	Cada 36 meses o (12000 hs.) Aprox	Cada 60 meses o (20000 hs.) Aprox	OBSERVACIONES
Revision luminarias encendidas durante el dia y apagadas durante la noche	x						Se realizara inspección visual de las luminarias que presenten encendido durante el día y produzcan consumo eléctrico indeseable, demás durante la noche se llevara un informe de lámparas que no enciendan programando el mantenimiento operativo
Comprobación de la iluminación contemplada inicialmente y su intensidad			x				Se realizara la medición mediante un luxómetro, comparando los valores luminotécnicos iniciales del diseño con los medidos realmente, en relación al factor de mantenimiento aplicar los ajustes necesarios ya contemplados

ACTIVIDAD CICLO	**Cada 3 meses o (1000 hs.) Aprox**	**Cada 6 meses o (2000 hs.) Aprox**	**Cada 12 meses o (4000 hs.) Aprox**	**Cada 24 meses o (8000 hs.) Aprox**	**Cada 36 meses o (12000 hs.) Aprox**	**Cada 60 meses o (20000 hs.) Aprox**	**OBSERVACIONES**
Limpieza de luminarias: Reflector y lámparas			x				Conservada en forma periódica con tratamiento en superficie del reflector con un paño blando o cuero de gamuza, humedecido en alcohol, bencina o kerosene, mientras que tratándose de un grado de suciedad no elevado se hará con agua caliente, y para buena limpieza de superficie muy sucia se hará con solución de parafina del 20%, en una mezcla de aguarrás y bencina (1:1), finalizando la tarea con paño blando, no utilizándose medios abrasivos ni alcalinos

ACTIVIDAD CICLO	Cada 3 meses o (1000 hs.) Aprox	Cada 6 meses o (2000 hs.) Aprox	Cada 12 meses o (4000 hs.) Aprox	Cada 24 meses o (8000 hs.) Aprox	Cada 36 meses o (12000 hs.) Aprox	Cada 60 meses o (20000 hs.) Aprox	OBSERVACIONES
							para la limpieza de los reflectores, mientras que la lámpara será limpiada con cepillo de cerda suave o con pincel de pelo.
Limpieza de luminarias: Equipo auxiliar			x				Se hará la limpieza con cepillo de cerda suave o pincel de pelo y se verificará el estado de los condensadores y se reemplazarán en caso que los mismos no se encuentren en condiciones, por otro equivalente.
Limpieza de luminarias: Cristal refractor			x				El lavado será realizado con una solución jabonosa o detergente, de agua tibia, y se hará por dentro y por fuera, procediéndose al inmediato enjuague y al secado con paño limpio.
Limpieza de luminarias: Carcasa exterior			x				Se procederá a quitar el polvo con cepillo de cerda, enjuagándose con esponja o paño que será embebido en agua limpia, secándose luego con paño limpio. Luego de la limpieza de partes, se colocará el reflector, momento en que se verificará el estado de dispositivo de cierre, como así también el estado y conservación de la junta y el mantenimiento de la posición de enfoque de lámpara. De la misma manera, se procederá a verificar la nivelación de la luminaria y la solidez de su fijación, con reparación y cambio de aquellas partes que no funcionan correctamente.
Revisión empaques cierre hermético o ganchos cierre			x				Se procederá a revisar la condición d elos empaques en ausencia de cortaduras o quiebres que afecten el grado

ACTIVIDAD CICLO	Cada 3 meses o (1000 hs.) Aprox	Cada 6 meses o (2000 hs.) Aprox	Cada 12 meses o (4000 hs.) Aprox	Cada 24 meses o (8000 hs.) Aprox	Cada 36 meses o (12000 hs.) Aprox	Cada 60 meses o (20000 hs.) Aprox	OBSERVACIONES
							IP, en caso necesario reemplazar empaques
Reemplazo lamparas						x	Agotando su tiempo útil se hace necesario su reemplazo. (ver informacion luminaria)
Inspección del estado de los soportes (corrosión, anclajes, Brazos luminarias, etc.)				x			Se inspecciona los elementos sujetadores de las luminarias a fin de encontrar daños que pueden comprometer la sujeción de las mismas, revisar tornillerías ajuste de tuercas, soldaduras en buen estado en brazos de luminarias, oxido en elementos metálicos.
Inspección componentes internos luminaria (arrancadores, balastros)				x			Se limpiarán y se ajustarán los elementos componentes de los comandos y protecciones, y se repondrán los elementos defectuosos. Las luminarias se limpiarán en su interior, se aceitarán las bisagras y los dispositivos de cierre, reemplazando aquellas partes que no funcionen satisfactoriamente. Con el mismo sistema
Inspección del tendido eléctrico (conductores en sus herrajes bien sujetos, tension de servicio apropiada)			x				Mientras se realicen los trabajos descriptos en los puntos anteriores, se verificará el estado de resistencia de aislación de los conductores de alimentación. De registrarse valores bajos, se procederá a los realizar los trabajos necesarios para normalizar la instalación.
Revision, Breaker o pin de corte: temperatura, bornes en buen estado, verificar conductor este bien sujeto a bornes			x				Realizar una inspección del sistema de protección termomagnetica, verificando que no exista sobre calentamiento en el conductor ni en el breaker, verificar sujeción del conductor a los bornes del breaker sea fuerte.

ACTIVIDAD CICLO	Cada 3 meses o (1000 hs.) Aprox	Cada 6 meses o (2000 hs.) Aprox	Cada 12 meses o (4000 hs.) Aprox	Cada 24 meses o (8000 hs.) Aprox	Cada 36 meses o (12000 hs.) Aprox	Cada 60 meses o (20000 hs.) Aprox	OBSERVACIONES
Verificar Conexión Puesta tierra luminarias		x					Revizar conexion del conductor P.T. este firmemente unida, comprobrar impedancia P.T. con telurometro ≤ 25Ω, en las luminarias inspeccionar conexión P.T. de la luminaria
Avalúo de daños a la infraestructura de la red de alumbrado público			x				Revisar daños relacionados por concepto a montaje de luces de alumbrado navideño o eventos especiales usuarios, retiro de alambres sujetores y accesorios de luces especiales, limpieza de publicidad postes de alumbrado público.

7. MEMORIAS DE CÁLCULO

Siguiendo los lineamientos establecidos en el TÍTULO 3 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - Retie, el presente diseño es detallado y se basará en los parámetros contemplados en la Resolución Número 40117 De 02 Abr 2024- RETIE, expedido por el Ministerio de Minas y Energía.

7.1 Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.

El proyecto tiene una capacidad instalada de 25 KVA, con una demanda máxima diversificada calculada según metodología señalada en la Normas Para El Calculo Y Diseño de Sistemas de Distribución de ESSA para usuarios presentada en los Artículos 2.2.3 y los lineamientos de la NTC 2050.

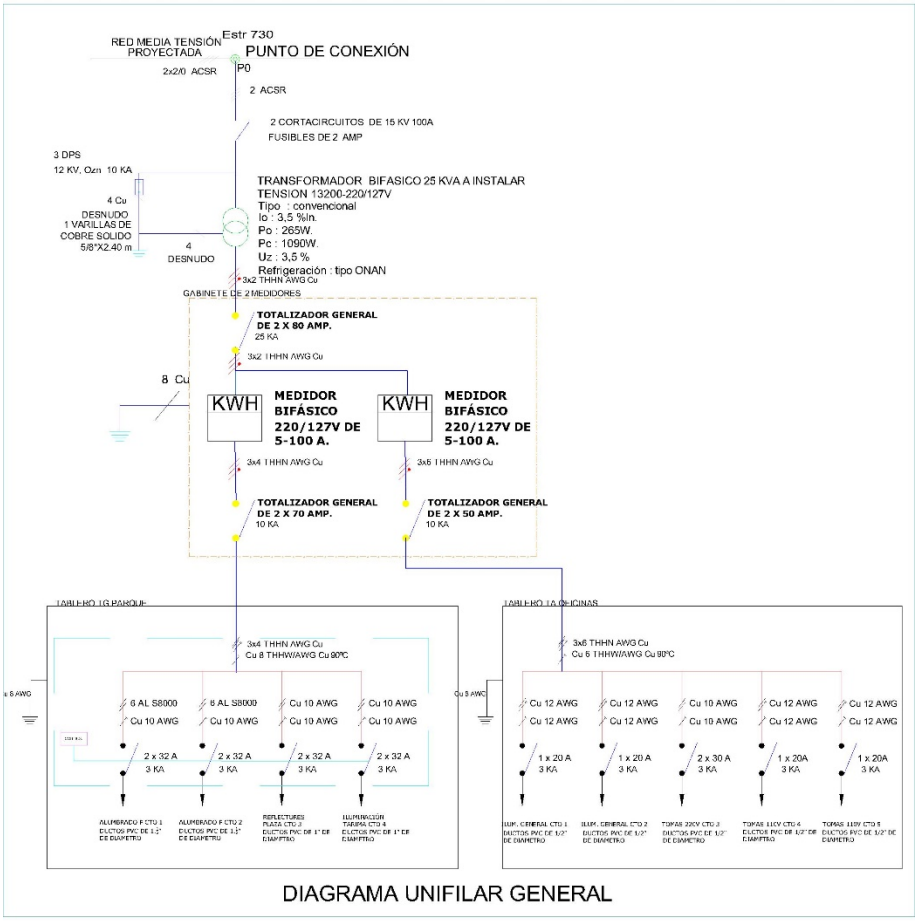


DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL

CALCULO DEL TRANSFORMADOR							
Carga	**P(W)**	**Fp**	**S(VA)**	**I(A)**	**I(B)**	**CONDUC.**	**PROTEC.**
PARQUE 220V BIFASICA	4380	0,8	5475,0	24,89	24,89	4 AWG	2X70A
OFICINAS 220V BIFASICA	9864	0,8	12330,0	56,05	56,05	6 AWG	2X50A
TOTAL	14244	0,8	17805,0	80,93	80,93		
TOTAL PROYECTADO A 8 AÑOS	21583,4	0,8	26979,3	122,63	122,63	2 AWG	2X80A
TRANSFORMADOR SELECCIONADO	25KVA						

7.1.1 FACTORES DE DEMANDA

Según lo señalado en el numeral 2.9 - CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA. De las Normas de Diseño y Construcción de Sistemas de Distribución, la siguiente tabla se emplea para calcular estos factores de demanda. Para instalaciones eléctricas internas, según diseño:

DESCRIPCIÓN	CARGA (VATIOS)	FACTOR DE DEMANDA (%)
OFICIAL	10000	80

7.1.2 FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia promedio empleado en el proyecto es de 0,90. La siguiente tabla muestra factores de potencia para diferentes tipos de salidas individuales.

SALIDA	**Factor de potencia**	**Comentario**
Carga resistiva	1.0	Calentador
Iluminación	0.9 en atraso	Ahorradores de energía
Tomacorrientes	0.95 en atraso	Comunes.
Motores	Según placa.	Motobombas

7.1.3 ANÁLISIS DE ARMÓNICOS

Las cargas no lineales como los bombillos ahorradores cambian la naturaleza de la onda sinusoidal de la corriente de alimentación AC, esto produce un flujo de corriente y armónicas que son introducidas al sistema de distribución, lo que puede causar interferencia con circuitos de comunicación y con otros equipos principalmente electrónicos, esta interferencia también se puede producir en las residencias".

En los sistemas de distribución se utiliza comúnmente la compensación de potencia reactiva con capacitores para mejorar el factor de potencia, y existe la probabilidad de la ocurrencia de la resonancia con los armónicos que las cargas no lineales introducen al sistema eléctrico, esto produce una gran distorsión de la forma de onda de la tensión y la corriente.

Los principales equipos electrónicos generadores de los armónicos son los que emplean circuitos de rectificación de fuentes de poder para su funcionamiento como computadores, televisores, equipos de sonido; etc.

ARMÓNICOS:
La distorsión armónica es una forma de ruido eléctrico. Es la sobre posición de señales en múltiplos de la frecuencia fundamental de la potencia de la onda senoidal de la misma.

Armónico característico: Aquellos armónicos producidos por equipos convertidores semiconductores en el curso de operación normal.

Armónico no característico: Aquellos armónicos no producidos por equipos convertidores semiconductores en el curso de operación normal, como:

- Frecuencias oscilatorias
- Demodulaciones del armónico característico.
- Demodulaciones de la fundamental.
- Desbalance de sistemas de potencia AC, el Angulo de retardo asimétrico.
- Funcionamiento de ciclo-convertidores.

Carga no lineal: Carga no lineal es aquella que posee una fuente de alimentación senoidal, pero la forma de onda de la corriente no tiene una forma no senoidal.

Distorsión armónica: Es la relación del valor eficaz del total de las componentes armónicas y el valor eficaz correspondiente a la componente fundamental.

ORDEN (N) DE LA ARMONICA Y THD	**TOLERANCIA |Vi| O |THD| (% de espectro al voltaje nominal del punto de medición)**	
	V > 40 KV (otros puntos)	V ≤ 40 KV (transformadores de distribución)
impares no múltiplos de 3		
5	2,0	6,0
7	2,0	5,0
11	1,5	3,5
13	1,5	3
17	1,0	2
19	1,0	1,5
23	0,7	1,5
25	0,7	1,5
>25	0,1+0,6*25/n	0,2+1,3*25/n
impares múltiplos de 3		
3	1,5	5
9	1,0	1,5
15	0,3	0,3
21	0,2	0,2
mayores de 21	0,2	0,2
pares		
2	1,5	2,0
4	1,0	1,0
6	0,5	0,5

8	0,2	0,5
10	0,2	0,5
12	0,2	0,2
mayores de 12	0,2	0,2

La distorsión armónica es una medida de la coincidencia de formas entre una onda y su componente fundamental.

Para realizar este cálculo se aplica la siguiente formula:

$$THDi = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} I^2 i}}{\mathrm{I}_1} x\ 100\%$$

$$THDv = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} V^2 i}}{\mathrm{V}_1} x\ 100\%$$

Donde:

I: Número de armónico

I1: Valor eficaz de la onda fundamental de la corriente

V1: Valor eficaz de la onda fundamental del voltaje

I i: Valor eficaz de la corriente del armónico k

Vi: Valor eficaz del voltaje del armónico k

Como se puede observar este factor es aplicable tanto para corriente como para tensión.
Para la normalización de la distorsión armónica se basa en recomendaciones de la IEEE 519, la calidad de la energía eléctrica se refiere a los requerimientos que debe tener el sistema para brindar una energía eléctrica confiable.

Efectos sobre equipos electrónicos:

Los equipos de electrónica de potencia pueden tener un mal funcionamiento ante la presencia de las distorsiones armónicas, ya que estos para su correcto funcionamiento dependen de las señales del, cruce por cero, y la distorsión armónica puede resultar en un cambo en el cruce por voltaje cero o en el punto en el cual un voltaje fase a fase se vuelve mayor que otro voltaje fase a fase.

En equipos electrónicos como computadoras, que tengan en su interior controladores programables, en la mayoría de los casos requieren de fuentes AC con un factor de distorsión de voltaje armónico menor al 5% con el mayor armónico solo siendo menor al 3% del voltaje fundamental.

Efectos sobre capacitores:

Al tener cargas que toman corriente con distorsión y cargas que consumen reactivos, la compensación del factor de potencia con bancos de capacitores puede ocasionar una resonancia paralelo-excitada, es decir, un aumento de la distorsión muy elevado la misma que puede hacer disparar las protecciones termo magnéticas o abrir los fusibles que protegen los capacitores.

Cuando se colocan capacitores para compensar el factor de potencia de las cargas inductivas como motores se corrige únicamente el factor de desplazamiento, no el de distorsión esto provoca que el

nivel de resonancia baje y el sistema pueda ser excitado por los armónicos producidos por las cargas no lineales la combinación no lineal e inductiva representa la condición de resonancia en paralelo, la cual muestra distorsión elevada en los voltajes y sobre corrientes en los capacitores, por eso operan las protecciones.

Una solución e este fenómeno es agregar una inductancia en serie con el capacitor de compensación reactiva, la función de esta inductancia es desaparecer el riesgo de resonancia, pero un sistema más confiable tiene un costo elevado.

Efecto sobre transformadores:

En lo transformadores el efecto que causan los armónicos es el incremento de las pérdidas en el cobre, y en el hierro como consecuencia el envejecimiento prematuro del mismo, a causa del sobrecalentamiento producido por el incremento de las perdidas.
El incremento en las perdidas depende de la frecuencia y, por lo tanto, los componentes armónicos de alta frecuencia pueden ser más importantes que los componentes armónicos de baja frecuencia causando calentamiento en el transformador.

La causa de las pérdidas en el transformador causadas por la presencia de armónicos son las siguientes:
• Pérdidas proporcionales a la resistencia de los enrollamientos.

EQUIPO	**EFECTOS ELÉCTRICOS OBSERVADOS**
Transformador	Sobrecalentamiento si en factor “K” es elevado (superior a 2,7) y la carga es superior al 90% de la nominal
Capacitores	Los capacitores pueden llegar a quemarse si la corriente es 1,3 veces la corriente nominal
Motores de inducción	Sobrecalentamiento y vibración excesivas si la distorsión de la tensión es superior a la que soporta el cable.
Cables de conexión	Sobrecalentamiento si el valor efectivo de la corriente es superior a la que soporta el conductor
Equipos de computación	Perdidas de algunos datos y daños en algunos componentes electrónicos debido a que el voltaje máximo es superior al nominal o a que existe una diferencia de voltaje entre neutro y tierra

• Pérdidas causadas por corriente parasitas:

El tamaño del consumidor es definido por la corriente total de frecuencia fundamental en la carga IL, que incluye todas las cargas lineales y no lineales. El tamaño del sistema de abastecimiento es definido por el nivel de la corriente de corto circuito ISC al PCC. Estas dos corrientes se definen el SCR:

$$SCR = \frac{\text{corriente de cortocircuito}}{\text{corriente de carga}} = \frac{I_{SC}}{I_L}$$

Donde:

SCR = Relación de corto circuito.
ISC = Corriente de cortocircuito.
IL = Corriente de carga.
Una relación alta significa que la carga es pequeña y que los limites aplicables no serán tan estrictos como los que corresponden cuando la relación es menor. Esto se observa en la tabla donde se recomiendan los niveles máximos de distorsión armónica.

SCR en el PCC	Voltaje de Frecuencia Armónica Individual	Asunción Relacionada
10	2.5-3.0%	Sistema delicado
20	2.0-2.5	1-2 grandes consumidores
50	1.01.5%	5-20 Consumidores tamaño mediano
100	0.05-1.0%	Consumidores muy pequeños
1000	0.05-0.10%	Consumidores muy pequeños

Los principales objetivos de los límites de corriente son para limitar el voltaje de frecuencia armónica individual máxima a 3% de la fundamental y el voltaje THD a 5% para sistemas que no tengan resonancia paralela mayor a una de las frecuencias armónicas inyectadas.

Después de analizar cada uno de estos elementos de las cargas se establece que los valores de (THD), se encuentra dentro del rango permitido en la normatividad vigente, por lo cual para el cálculo del transformador no se ve afectado.

7.2 Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico

Aislamiento eléctrico es la técnica empleada en los diferentes materiales y equipos eléctricos en sus vivas para prevenir contacto eléctrico.

Las redes de distribución deben cumplir los requerimientos de aislamiento de las partes energizadas, para evitar contactos, tanto por disminución en las distancias de seguridad cuando el aislamiento es el aire o por deficiencias o insuficiencias de los materiales aislantes

El tipo de aislamiento se debe seleccionar según el nivel de tensión del servicio. Para el presente diseño las tensiones de servicio 220/127 voltios o 240/120 voltios en baja tensión.

La siguiente tabla de la Normas de ESSA muestra el tipo de aislamiento que deben tener los componentes de la red.

NIVEL	AISLAMIENTO (kV)	BIL (kV)
Baja tensión	0,6	25
Media tensión 13,2 kV	15,0	95
Media tensión 34,5 kV	36,0	200

7.3 Análisis de cortocircuito y falla a tierra

Según la factibilidad de servicio expedida por el Operador de Red local (OR) - ESSA, la corriente de falla monofásica a tierra es 0,38 KA y la corriente de falla trifásica balanceada de 0,44/301,36 KA con tiempo de despeje de falla de 160ms.

7.4 Análisis del nivel de riesgos por rayos

Para el análisis del nivel de riesgos por rayos en redes de distribución se emplea la metodología contenida en las Normas NTC 4552 “Protección contra rayos” última versión.

Los procedimientos, tablas y figuras de este capítulo han sido tomados de la serie de normas NTC 4552 contenidos en los siguientes documentos:

- NTC 4552-1: Principios Generales.
- NTC 4552-2: Manejo del Riesgo.
- NTC 4552-3: Daños Físicos a Estructuras y Amenazas a la Vida.

Es evidente que la corriente del rayo es la fuente primaria de daño e impacta generalmente en las siguientes situaciones:

- S1 Descargas sobre la estructura.
- S2 Descargas sobre las líneas.
- S3 Descargas cercanas a las líneas.

Los daños que este impacto produce se clasifican en tres aspectos básicos:

D1 – Lesiones a seres vivos.
D2 – Daños físicos.
D3 – Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos.

El rayo puede causar daños físicos a las líneas y a todo sistema interno que se encuentre conectado a ellas y por ende las pérdidas a considerar son:

L1 – Pérdida de servicios públicos.
L2 – Pérdida económica.

- R1 – Riesgo de pérdida del servicio público.
- R2 – Riesgo de pérdidas de valor económico.

La red de

	Pérdidas	
Daños	**L1 Pérdida de servicio público**	**L2 Pérdida Económica**
D1 – Lesiones a seres vivos	-	R (1)
D2 – Daños físicos	R_F	S R_F
D3 – Fallas de sistemas eléctricos	R_O	R_O

(1)
Solo para propiedades agrícolas con posible pérdida de animales R_S:

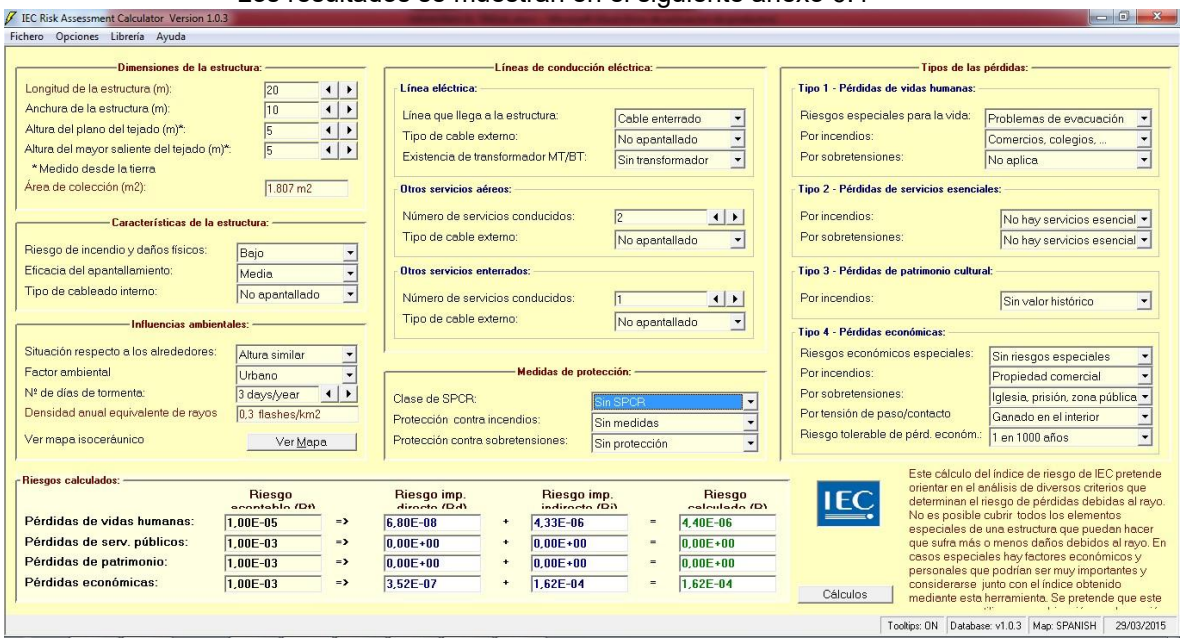
Riesgo de lesiones a seres vivos.

R_F: Riesgo de daños físicos a la línea.
R_O: Riesgo de fallas de sistemas eléctricos.

distribución objeto del presente diseño no posee cable de guarda.

Dado que la red se puede simular como una estructura, se emplea el programa de computador "Análisis de descargas atmosferitas IEC, Risk Assessment Calculator".

Los resultados se muestran en el siguiente anexo 6.4



riesgo obtenido es bajo y por tanto no se se requieren medidas de protección adicionales salvo los siguientes:

- Equipotencialización del neutro y tierra del transformador de distribución.

- Equipotencialización de las carcasas de los transformadores de distribución

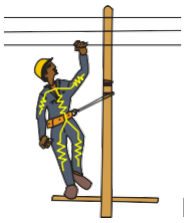
- Sistema de puesta a tierra, encargado de dispersar y disipar adecuadamente en el terreno la corriente y la energía del rayo.

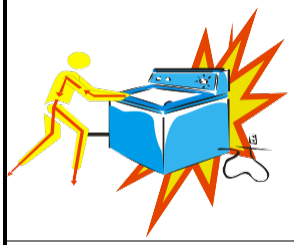
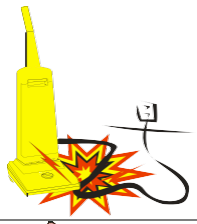
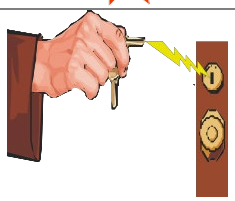
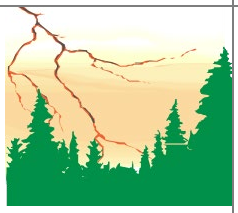
7.5 Análisis de origen eléctrico y medidas para mitigarlos

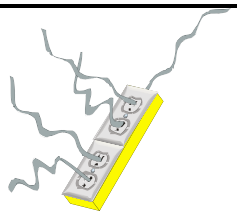
Todo proyecto eléctrico tiene asociados una serie de riesgos que es necesario controlar y minimizar para garantizar la seguridad de las personas y de la instalación.

Según lo señalado en el Artículo 9.3 del Retie, los factores de riesgo eléctrico más comunes son los siguientes:

	**ARCOS ELÉCTRICOS.** **POSIBLES CAUSAS:** Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.
	**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.

L1 L2  L3	**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, caracterización del entorno electromagnético.
	**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.
I	**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.

Adicionalmente se presenta la matriz de riesgos, con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico. Los riesgos a analizar son los siguientes:

Tabla 1.5.1.4.1. a. Matriz para análisis de riesgos.

RIESGO A EVALUAR:	_____ por _____ (al) o (en) _____		
	EVENTO O EFECTO	FACTOR DE RIESGO (CAUSA)	FUENTE
	(Ej: Quemaduras)	(Ej: Arco eléctrico)	(Ej: Celda de 13,8 KV)

RIESGO POTENCIAL ☐ RIESGO MATERIALIZADO ☐

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

Evaluador _____ Matrícula profesional _____ Lugar de la evaluación _____ Fecha _____

Fuente: Adoptada de la Resolución 90708 del 2013..

Las decisiones que se tomen respecto al riesgo tendrán el siguiente tratamiento:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.

	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Se realiza la matriz de riesgos para el riesgo más común en redes de distribución que es la electrocución.

- **ARCO ELÉCTRICO**

RIESGO A EVALUAR:	Quemaduras (EVENTO O EFECTO) (Ej: Quemaduras)	por	Arco eléctrico (FACTOR DE RIESGO (CAUSA)) (Ej: Arco eléctrico)	(al) o (en)	Áreas energizadas (FUENTE) (Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL ☐ REAL ☒

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

Evaluador: Geovanny Garcia MP: NS-250-132106 Fecha: 23/06/2025

Se toma el caso más crítico de los cuatro puntos de Cruce, siendo este el nivel “Bajo”, se debe tener en cuenta las siguientes decisiones o acciones:

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 de trabajo debe verificar: * ¿Que puede salir mal o fallar? * ¿Que puede causar que algo salga mal o falle? *¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?

- **AUSENCIA DE ELECTRICIDAD**

RIESGO A EVALUAR:	Perdidas económicas por EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)	Ausencia de electricidad (al) o (en) FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)	Áreas energizadas FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)

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

Evaluador: Geovanny Garcia MP: NS-250-132106 Fecha: 23/06/2025

Se toma el caso más crítico de los cuatro puntos de Cruce, siendo este el nivel “Bajo”, se debe tener en cuenta las siguientes decisiones o acciones:

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 de trabajo debe verificar: * ¿Que puede salir mal o fallar? * ¿Que puede causar que algo salga mal o falle? *¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?

- **CONTACTO DIRECTO**

RIESGO A EVALUAR:	Fibrilación	por	Contacto directo	(al) o (en)	Áreas energizadas
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL ☐ REAL ☒

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

Evaluador: Geovanny Garcia MP: NS-250-132106 Fecha: 23/06/2025

Se toma el caso más crítico de los cuatro puntos de Cruce, siendo este el nivel “Medio”, se debe tener en cuenta las siguientes decisiones o acciones:

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, usara EPP). Requiere Permiso de Trabajo	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido

- **CONTACTO INDIRECTO**

RIESGO A EVALUAR:	Daño a equipos	por	Contacto indirecto	(al) o (en)	Áreas energizadas
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL ☐ REAL ☒

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

Evaluador: Geovanny Garcia MP: NS-250-132106 Fecha: 23/06/2025

Se toma el caso más crítico de los cuatro puntos de Cruce, siendo este el nivel “Bajo”, se debe tener en cuenta las siguientes decisiones o acciones:

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 de trabajo debe verificar: * ¿Que puede salir mal o fallar? * ¿Que puede causar que algo salga mal o falle? *¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?

- **CORTOCIRCUITO**

RIESGO A EVALUAR:	Daño a equipos	por	Cortocircuito	(al) o (en)	Áreas energizadas
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL ☐ REAL ☒

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

Evaluador: Geovanny Garcia MP: NS-250-132106 Fecha: 23/06/2025

Se toma el caso más crítico de los cuatro puntos de Cruce, siendo este el nivel “Medio”, se debe tener en cuenta las siguientes decisiones o acciones:

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, usara EPP). Requiere Permiso de Trabajo	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido

- **ELECTRICIDAD ESTÁTICA**

RIESGO A EVALUAR:	Molestias musculares por (EVENTO O EFECTO, Ej: Quemaduras)	Electricidad estática (FACTOR DE RIESGO (CAUSA), Ej: Arco eléctrico)	(al) o (en)	Áreas energizadas (FUENTE, Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL ☐ REAL ☒

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

Evaluador: Geovanny Garcia MP: NS-250-132106 Fecha: 23/06/2025

Se toma el caso más crítico de los cuatro puntos de Cruce, siendo este el nivel “Bajo”, se debe tener en cuenta las siguientes decisiones o acciones:

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 de trabajo debe verificar: * ¿Que puede salir mal o fallar? * ¿Que puede causar que algo salga mal o falle? *¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?

- **EQUIPO DEFECTUOSO**

RIESGO A EVALUAR:	Avería eléctrica	por	Equipo defectuoso	(al) o (en)	Áreas energizadas
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL ☐ REAL ☒

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

Evaluador: Geovanny Garcia MP: NS-250-132106 Fecha: 23/06/2025

Se toma el caso más crítico de los cuatro puntos de Cruce, siendo este el nivel “Bajo”, se debe tener en cuenta las siguientes decisiones o acciones:

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 de trabajo debe verificar: * ¿Que puede salir mal o fallar? * ¿Que puede causar que algo salga mal o falle? *¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?

- **RAYOS**

RIESGO A EVALUAR:	Descarga a personas (EVENTO O EFECTO) (Ej: Quemaduras)	por	Rayos (FACTOR DE RIESGO (CAUSA)) (Ej: Arco eléctrico)	(al) o (en)	Áreas energizadas (FUENTE) (Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL ☐ REAL ☒

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

Evaluador: Geovanny Garcia MP: NS-250-132106 Fecha: 23/06/2025

Se toma el caso más crítico de los cuatro puntos de Cruce, siendo este el nivel “Bajo”, se debe tener en cuenta las siguientes decisiones o acciones:

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 de trabajo debe verificar: * ¿Que puede salir mal o fallar? * ¿Que puede causar que algo salga mal o falle? *¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?

- **SOBRECARGA**

RIESGO A EVALUAR:	Incendio (EVENTO O EFECTO — Ej: Quemaduras)	por	Sobrecargas (FACTOR DE RIESGO (CAUSA) — Ej: Arco eléctrico)	(al) o (en)	Áreas energizadas (FUENTE — Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL ☐ REAL ☒

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

Evaluador: Geovanny Garcia MP: NS-250-132106 Fecha: 23/06/2025

Se toma el caso más crítico de los cuatro puntos de Cruce, siendo este el nivel “Bajo”, se debe tener en cuenta las siguientes decisiones o acciones:

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 de trabajo debe verificar: * ¿Que puede salir mal o fallar? * ¿Que puede causar que algo salga mal o falle? *¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?

- **TENSIÓN DE CONTACTO**

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución	por	tensión de contacto	(al) o (en)	Áreas energizadas
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL ☐ REAL ☒

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

Evaluador: Geovanny Garcia MP: NS-250-132106 Fecha: 23/06/2025

Se toma el caso más crítico de los cuatro puntos de Cruce, siendo este el nivel “Bajo”, se debe tener en cuenta las siguientes decisiones o acciones:

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 de trabajo debe verificar: * ¿Que puede salir mal o fallar? * ¿Que puede causar que algo salga mal o falle? *¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?

- **TENSIÓN DE PASO**

RIESGO A EVALUAR:	Molestia funcional (EVENTO O EFECTO) (Ej: Quemaduras)	por	tensión de paso (FACTOR DE RIESGO (CAUSA)) (Ej: Arco eléctrico)	(al) o (en)	Áreas energizadas (FUENTE) (Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL ☐ REAL ☒

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

Evaluador: Geovanny Garcia MP: NS-250-132106 Fecha: 23/06/2025

Se toma el caso más crítico de los cuatro puntos de Cruce, siendo este el nivel “Bajo”, se debe tener en cuenta las siguientes decisiones o acciones:

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 de trabajo debe verificar: * ¿Que puede salir mal o fallar? * ¿Que puede causar que algo salga mal o falle? *¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?

Recomendación General

Para mitigar o evitar los posibles riesgos no se deben tener acceso personas no calificadas a los cuartos o áreas de BT sin cumplir con todos los protocolos requeridos para este tipo de trabajos o actividad.

Las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo se utilizarán y mantendrán en forma adecuada y el funcionamiento de los sistemas de protección se controlará periódicamente.

Con el objetivo de una instalación eléctrica segura, se garantiza que los usuarios reciban una formación adecuada sobre el riesgo eléctrico, así como sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse.

7.6 Análisis el nivel de tensión requerido

Las tensiones que se manejarán en el proyecto son los siguientes:

Baja tensión 220-127 voltios para sistemas trifásicos
Baja tensión 240-120 voltios para sistemas monofásicos

Para baja tensión los niveles de tensión serán los siguientes, dependiendo del tipo de sistema

NIVEL DE TENSIÓN	TIPO DE SISTEMA	TIPO DE CONEXIÓN	FASES	TENSIÓN NOMINAL EN VOLTIOS (V) TOLERANCIA (+5%; -10%)
Baja tensión	Monofásico trifilar	Monofásico bifilar	FN	120 V
		Monofásico trifilar (bifásico)	FFN	120 / 240 V
	Trifásico tetrafilar	Monofásico bifilar	FN	120 V
		Monofásico trifilar	FFN	120 / 208 V
		Trifásico tetrafilar	FFFN	120 / 208 V

7.7 Cálculo de campos electromagnéticos

Esta variable no aplica a la obra

7.8 Cálculo de transformadores

Para el cálculo del transformador se tendrá en cuenta la carga total instalada en el proyecto, la cual está constituida por las motobombas, salidas eléctricas, equipos de emergencias e iluminación:

Se instalará un transformador convencional, refrigeración en aceite, de la serie 13200/220/127v, en poste de 12m 1350kg-f, según plano, en los linderos del predio.

El detalle de la subestación eléctrica se muestra en los planos anexos y acorde a los requerimientos de la sección 450 de la norma NTC 2050.

7.9 Cálculo del sistema de puesta a tierra

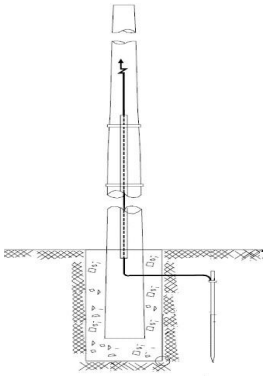
El sistema de puesta a tierra tiene por finalidad proteger la vida de las personas, evitar daños en los equipos por sobretensiones y mejorar la efectividad de las protecciones eléctricas, al proporcionar una adecuada conducción de la corriente de falla a tierra.

La resistencia de puesta a tierra debe garantizar que las tensiones de paso y contacto sean inferiores a las máximas admisibles exigidas. De la tabla 10 Según RETIE artículo 15 numeral 15.4 y se presentan en la siguiente tabla.

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras de líneas de transmisión o torrecillas metálicas de distribución con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Punto neutro de acometida en baja tensión.	25 Ω
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10 Ω

Para las subestaciones tipo poste, se implementará un sistema de puesta a tierra consistente en un kit de puesta a tierra en acero inoxidable con fleje de acero inoxidable de 22,22 mm de ancho y 1,2 mm de espesor, electrodo o varilla de acero inoxidable 2.4 metros de longitud y 15 mm de diámetro junto con su respectivo conector de acero, instalado junto al transformador de distribución y los terminales de la red de baja tensión para puesta a tierra del neutro de la red de baja tensión.

Puesta a tierra del neutro en la red de BT



La resistencia de puesta a tierra debe ser menor o igual a 25Ω en baja tensión (puntos finales de circuito y cada 3 apoyos) y garantizar que las tensiones de paso y contacto sean inferiores a las máximas admisibles exigidas.
Para el cálculo de la resistividad del terreno se tendrán en cuenta las resistividades del terreno según el tipo de suelo, como se muestra en la siguiente tabla, tomas del estudio “Manual para la interpretación del perfil de resistividad obtenido al realizar el estudio de la resistividad del suelo a partir de las configuraciones del método de Wenner - Juan David Cárdenas Valencia, Esteban Galvis García de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Los valores de resistencia de puesta a tierra aquí calculados serán confrontados con las medidas que se realicen posteriormente en el terreno.

Tipo de terreno	Resistividad ρ (Ω-m)
Terrenos vegetales húmedos	I0-50
Arcilla, gredas, limos	20 - 60
Arenas arcillosas	80 - 120
Fangos, turbas	150 - 300
Arenas	250 - 500
Suelos pedregosos	300 - 400
Rocas	1.000 - 10.000
Concreto húmedo	100 - 240
Concreto seco	10.000 - 50.000

En la siguiente tabla calculada según los lineamientos de la Norma IEEE Standard 80 se muestran los valores típicos de tensiones de paso y contacto tolerables por el cuerpo humano, dependiendo del tipo de suelo, la resistividad del terreno y el tiempo de duración de la falla para personas con un peso promedio de 70 kg.

Tipo de Suelo	Resistividad (W - m)	Duración de la falla 0,5 seg		Duración de la falla 1,0 seg	
		Tensión de paso (V)	Tensión de toque (V)	Tensión de paso (V)	Tensión de toque (V)
Orgánico Mojado	10	174	166	123	118
Húmedo	100	263	186	186	133
Seco	1 000	1 154	405	816	286
Piedra partida 105 mm	3 000	3 143	885	2 216	626
Cama de Roca	10 000	10 065	2 569	7 116	1 816

Tensiones de toque y paso tolerables -Tabla calculada de acuerdo al IEEE Standard 80

7.10 Cálculo económico de conductores

6.10.1 CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN

Las líneas BT serán de cable aislado calibre 4 Cu THHN 600v 90°C. Las principales serán de sección constante a fin de que permitan instalar nuevos puntos de alimentación sin modificaciones importantes de la red. La conexión de las derivaciones será realizada mediante cajas de derivación o conectores aislados.

Los conductores a emplear según RETIE (TITULO 2) requisitos de productos artículo eléctrico.

Calibre	N° hilos		Espesor del aislamiento	Espesor chaqueta de nailon	Diámetro exterior	Masa total	Capacidad de corriente (A)	
AWG / kcmil	Mínimo (SIW)	Nominal	mm	mm	mm	kg/km	90°C*	Sugerida RETIE y NTC 2050**
14	1	1	0,38	0,1	2,69	23,3	25	15
12	1	1	0,38	0,1	3,11	35,1	30	20
10	1	1	0,51	0,1	3,91	55,9	40	30
14	6	7	0,38	0,1	2,9	24,7	25	15
12	6	7	0,38	0,1	3,38	37,2	30	20
10	6	7	0,51	0,1	4,26	59,2	40	30
8	6	7	0,76	0,13	5,5	96,3	55	40
6	6	7	0,76	0,13	6,41	146,0	75	55
4	6	7	1,02	0,15	8,18	233,8	95	70
2	6	7	1,02	0,15	9,65	358,0	130	95
1	7	19***	1,27	0,18	11,2	454,2	150	130
1/0	7	19***	1,27	0,18	12,2	562,9	170	150
2/0	12	19***	1,27	0,18	13,3	698,8	195	175
3/0	15	19***	1,27	0,18	14,6	869,6	225	200
4/0	17	19***	1,27	0,18	16,00	1083	260	230
250	18	37	1,52	0,2	17,8	1286	290	255
300	18	37	1,52	0,2	19,1	1529	320	285
350	24	37	1,52	0,2	20,4	1772	350	310
400	24	37	1,52	0,2	21,5	2013	380	335
500	30	37	1,52	0,2	23,7	2495	430	380
600	34	61	1,78	0,23	26,2	3001	475	420
750	53	61	1,78	0,23	28,8	3720	535	475
1000	53	61	1,78	0,23	32,6	4914	615	545
3 x 12****	6	7	0,38	0,1	7.38	111,8	30	20

En el presente caso, se exige como conductor Para Acometida de B.T. de Cable 3X2
AWG THHN Cu y para las secundarias 3x4 AWG THHN Cu para Parque y 3x6 AWG THHN Cu para Oficinas, Justificándose en el análisis previo y teniendo presente como variable determinante el costo del conductor y el concepto del diseñador.

6.10.2 CONDUCTORES DE MEDIA TENSIÓN

Como conductor de media tensión se selecciona cable calibre 2/0 ACSR según requisitos del operador de red para ares urbanas. Capítulo 3 3.2. REDES DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN. En el diseño, construcción, reposición y mantenimiento de los circuitos de MT, deben ser considerados los siguientes criterios operativos: Mantener un solo calibre de conductor para la troncal del circuito, en los cascos urbanos la troncal se debe proyectar en calibre 266.8 MCM, y los ramales en 2/0 salvo que por cálculos se requiera de un conductor de mayor capacidad.

Los conductores a emplear según RETIE (TITULO 2) requisitos de productos artículo eléctrico.

DATOS ELECTRICOS I

	Sección [mm²]	Cond.cross sect.(AWG/ KCMIL)	Máx. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Max.Resis.AC 60Hz 90°C [Ohm/km]	Amp.Nom.Aire 40°C [A]	Amp.direct.Ente/Duct.20°C-Triang. [A]
	33,6	2 AWG	0,531	0,68	195	155
	53,5	1/0 AWG	0,335	0,428	260	200
	67,4	2/0 AWG	0,266	0,34	300	230
	85	3/0 AWG	0,21	0,269	345	260
	107	4/0 AWG	0,167	0,214	400	295
	127	250 KCMIL	0,142	0,181	445	325
	177	350 KCMIL	0,101	0,13	550	390
	253	500 KCMIL	0,071	0,092	685	465

DATOS ELECTRICOS II

	Sección [mm²]	Cond.cross sect. (AWG/KCMIL)	Capacitancia Nominal [pF/m]	Reactancia inductiva a 60 Hz - formación triangular [Ohm/km]	Reactancia inductiva a 60 Hz - formación plana [Ohm/km]
	33,6	2 AWG	174,0	0,163	0,181
	53,5	1/0 AWG	200,0	0,151	0,169
	67,4	2/0 AWG	216,0	0,146	0,163
	85	3/0 AWG	234,0	0,141	0,158
	107	4/0 AWG	254,0	0,136	0,153
	127	250 KCMIL	271,0	0,127	0,145
	177	350 KCMIL	308,0	0,124	0,141
	253	500 KCMIL	353,0	0,118	0,135

Normas Aplicables.
· ASTM B230, NTC 360
· ASTM B232, NTC 309
· ASTM B498, NTC 461
· ASTM B500, NTC 1864

En el presente caso para media tensión cable 2x2/0 ACSR, Justificándose en el análisis previo y teniendo presente como variable determinante el costo del conductor y el concepto del diseñador.

6.10.3 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Resistencia del conductor

La resistencia R del conductor, en Ω/km varía con la temperatura de funcionamiento de la línea,

$RT = R20^{o} \cdot [1+\alpha \cdot (T - 20)]\ \Omega/\ km$

Siendo:

RT **=**Resistencia del conductor a la temperatura de servicio “T”
T **=**Temperatura de servicio del conductor
α**=**Coeficiente de temperatura del conductor a 20ºC, considerando α **=**0,00403 (ºC-1) para cobre.

Reactancia del conductor

La reactancia XL del conductor en ohm/km, varía con el diámetro y la separación entre los conductores. En el caso de conductores aislados trenzados en haz: adopta el valor de X = 0,1 Ω/km.

En la siguiente tabla se pueden apreciar las resistencias y reactancias para diferentes calibres de cables

calibre AWG	resistencia a AC R(ohm/km)	reactancia inductiva XL(ohm/km)	
	75°C	90°C	cuádruplex
4	1,666	1,748	0,116
2	1,048	1,1	0,112
1/0	0,659	0,692	0,109
2/0	0,523	0,549	0,107
3/0	0,415	0,436	0,105
4/0	0,329	0,346	0,103

Intensidad máxima admisible

El valor de la intensidad que puede circular en régimen permanente, sin provocar un calentamiento exagerado del conductor, depende de la sección S de la temperatura T de funcionamiento de la línea, y la temperatura ambiente.

Corriente por carga

$$i = \frac{Dmax}{V * \sqrt{3}}$$

Donde
D Max =Demanda máxima calculada para cada tramo depende del número de usuarios
D Max =0.5kva*N usuarios
i= Corriente(A)
V=Tensión Compuesta de la línea

6.10.4 EL CONDUCTOR ÓPTIMO

Para la selección del conductor óptimo económico para un sistema de distribución se deben tener en cuenta aspectos como:

- Disminuir la corriente que pasa a través de un conductor, es decir, tener una carga más eficiente
- Disminuir la resistencia del conductor al paso de la corriente mediante el incremento del calibre
- Que cumplan con los criterios de pérdidas mínimas
- Que cumplan los porcentajes de regulación mínimos establecidos por la norma
- Tener en cuenta los costos de energía que hagan viable el proyecto

Con base en las tablas anteriores, seleccionamos el conductor que cumpla con estos criterios, los cuales se plasman en el plano correspondiente.

7.11 Verificación de los conductores teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de corto circuito de la red y la capacidad de corriente del conductor

En la selección y verificación de los conductores eléctricos se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Corriente máxima que se puede transmitir en servicio continúo sin superar la temperatura máxima soportada por el aislante.
- Verificar que esta sección no supere la máxima caída de tensión permisible
- Verificar que supere la sección necesaria para transmitir la corriente de cortocircuito admisible
- Verificar que el conductor supere la sección mínima permitida por norma.
- Intensidad de corriente admisible

En la selección de las protecciones del circuito se tendrá en cuenta aspectos como:

- Capacidad y tipo de los fusibles instalados en los puntos de conexión
- Capacidad y tipo de los fusibles instalados en los transformadores de distribución
- Tiempo de disparo de la protección principal suministrada por el OR - Corriente de falla

La finalidad de este análisis en garantizar que una falla en el sistema aguas abajo del aparato de maniobra no ocasione daños ni a las personas ni a sus bienes. En la selección de los equipos de corte se tendrán en cuenta los criterios contenidos en la siguiente tabla.

Parámetros	Un	Cortacircuitos		Seccionadores bajo carga e interruptores (uso exterior)		Seccionadores bajo carga (uso interior)		DPS	
Tensión de servicio	kV	13,2	34,5	13,2	34,5	13,2	34,5	13,2	34,5
Tensión nominal	kV	15,0	36,0	15,0	36,0	15,0	36,0	12,0	30,0
Corriente nominal	A	100,0	100,0	400,0	400,0	400,0	400,0	-	-
Nivel básico de aislamiento BIL	kV	110,0	200,0	110,0	200,0	95,0	150,0	110,0	195,0
Tensión sostenida	kV	36,0	70,0	36,0	70,0	34,0	70,0	36,0	70,0

Para la selección de los fusibles se emplearán los siguientes criterios:

- En redes aéreas, todo circuito derivado de un alimentador principal en media tensión debe tener una protección mediante cortacircuitos tipo abierto de caída libre, con hilos fusibles tipo lento, seleccionados, en forma general, con
un valor igual o el más próximo normalizado a la corriente de la demanda máxima diversificada inicial.

- Toda subestación tipo poste debe tener en el lado primario del transformador protección contra sobrecorrientes y contra sobretensiones (DPS).

- El fusible del transformador se debe seleccionar de tal manera que su capacidad no sea mayor a la corriente nominal del transformador.

- No se `permite la apertura o cierre de cortacircuitos con carga, salvo que se emplee un equipo de extinción del arco o apagachispas.

- En los cortacircuitos de media tensión para protección del transformador se deben emplear hilos fusibles tipo H o similar seleccionados en forma general con un valor igual o el más próximo normalizado a la corriente nominal del transformador

ACOMETIDA

De acuerdo con el cuadro de cargas y diagrama unifilar, la protección del sistema en el gabinete es 2x80A, debido a:

Calculo del conductor y Protección para la Acometida.

Dado que la potencia demandada es de 22.043 KVA *y el voltaje 220V, la corriente demandada será:*

$$I = \frac{22.043kVA}{220V} = 100.2A$$

Para este valor de corriente se tiene que el conductor necesario es CONCENTRICO 3 X 2 Cu AWG THHN/THWN 90°C.

N° Conductores: 2.
Tipo de Conductor: THHN.
THHN: Temperatura Máxima en el Conductor 90°C en sitio Seco o Húmedo.
Corriente en Amperios por Conductor: 130A.
Corrección por Temperatura:
Factor de Corrección por Temperatura de 36 a 40°C: 0,91.
Corrección de la Corriente por Temperatura = 130A x 0,91 = 118.3A
Corrección por Agrupamiento:
Factor de Corrección por Agrupamiento de 1 a 3 Hilos: 0,91.
Corrección por Agrupamiento = 118.3A x 0,91 = 107.65A

Por el tal motivo la Corriente Permitida por Temperatura y Agrupamiento para el Conductor es Mayor que la corriente demandada. (107.65 > $100.2A$)

Con base al calibre del conductor seleccionado de acuerdo a la norma CENS y a la capacidad de corriente demandada 100.2 Amp. Se elige una protección de 2x80 Amp.

Nota: se realiza con 90°C debido a que es la temperatura Máxima Permisible en un Breaker. [Ref. Norma NTC2050-1998]. Tabla 310-16, Pág. 182, Sección 110-14 Conexiones Eléctricas, literal c) Limites de Temperatura.

7.12 Cálculo mecánico de estructuras

Esta variable no aplica a la obra.

7.13 Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes

El valor del fusible para el cortacircuitos seleccionado es tipo k de la tabla teniendo en cuenta los siguientes cálculos Intensidad nominal en MT del transformador trifásico

$$I_{MT} = \frac{P_N}{\sqrt{3}\ U_{MT}}$$

Donde:

PN: Potencia nominal aparente del transformador (25KVA)
UMT: Tensión primaria entre fases del transformador (13.2KV)
IMT: Intensidad nominal que circula para el devanado primario (A)
IMT=1.8 A
Intensidad Nominal en BT transformador trifásico

$$I_{BT} = \frac{P_N * 1000}{\sqrt{3}U_{BT}}$$

Siendo:

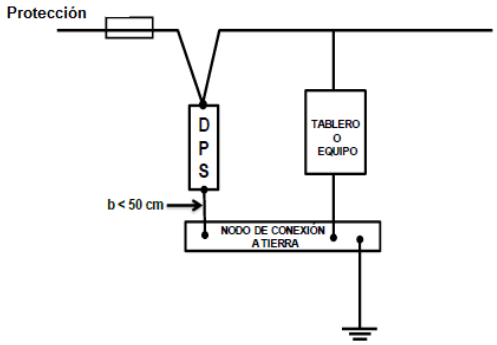
PN: Potencia aparente nominal del transformador (25kVA).
UBT: Tensión nominal secundaria entre fases del transformador (220V).
IBT: Intensidad nominal de línea en B.T. (A).
IBT=113A

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la capacidad y tipo de los fusibles aplicables a transformadores de distribución

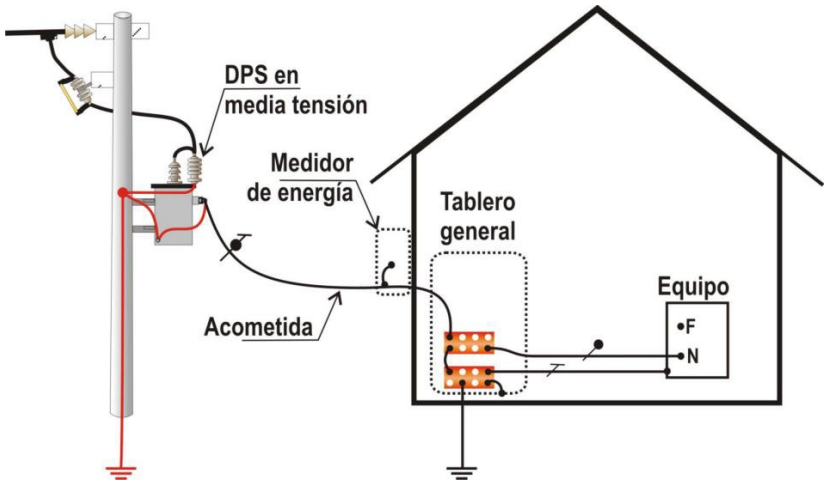
Se utilizarán DPS con las siguientes características para protección contra sobretensiones en los transformadores de distribución:

- Tensión de servicio 13.2 KV
- Tensión nominal 15 KV
- Corriente nominal 10 KA
- Característica Polimérico Óxido de zinc
- MCOV

El DPS que protege el transformador debe instalarse como se muestra en la siguiente figura:



El montaje de los DPS en un transformador tipo poste se muestra en la siguiente figura:



Montaje típico de un transformador tipo poste

7.14 Cálculo de canalizaciones, tubos, ductos, canaletas y electroductos

La acometida trifásica en Ductos de 2" respectivamente galvanizado y PVC tipo pesado con capacete y rodillo de 2", mientras los ductos para los tableros generales se seleccionaron de acuerdo a la Tabla 38 (Máximo número de conductores por ducto no metálico) numeral 11.7. (DUCTOS), ítem 11.7.2.2. (Número máximo de conductores por ducto), según se especifique en el plano adjunto.

CÁLCULOS DE DUCTOS, (TUBERÍAS, CANALIZACIONES, CANALETAS, BLINDO BARRAS):
Se seleccionó con base en la tabla 3.10. (Máximo número de conductores por ducto) del ítem 3.1.10.1. (Número Máximo de Conductores por Ducto) De la norma ESSA.

Aisla-miento	Calibre AWG ó kcmil	Tamaño comercial en milímetros (pulgadas)											
		12,7 (1/2)	19,05 (3/4)	25,4 (1)	31,8 (1¼)	38,1 (1½)	50,8 (2)	63,5 (2½)	76,2 (3)	88,9 (3½)	101,6 (4)	121 (5)	152,4 (6)
	14	8	14	24	42	57	94	135	209	280	361	568	822
TW	12	6	11	18	32	44	72	103	160	215	277	436	631
	10	4	8	13	24	32	54	77	119	160	206	325	470
	8	2	4	7	13	18	30	43	66	89	115	181	261
	14	5	9	16	28	38	63	90	139	186	240	378	546
THW	12	4	8	12	22	30	50	72	112	150	193	304	439
	10	3	6	10	17	24	39	56	87	117	150	237	343
	8	1	3	6	10	14	23	33	52	70	90	142	205
	6	1	2	4	8	11	18	26	40	53	69	109	157
	4	1	1	3	6	8	13	19	30	40	51	81	117
	3	1	1	3	5	7	11	16	25	34	44	69	100
	2	1	1	2	4	6	10	14	22	29	37	59	85
	1	-	1	1	3	4	7	10	15	20	26	41	60
	0	-	1	1	2	3	6	8	13	17	22	35	51
	00	-	1	1	1	3	5	7	11	15	19	30	43
	000	-	1	1	1	2	4	6	9	12	16	25	36
TW	0000	-	-	1	1	1	3	5	8	10	13	21	30
THW	250	-	-	1	1	1	3	4	6	8	11	17	25
	300	-	-	1	1	1	2	3	5	7	9	15	21
	350	-	-	-	1	1	1	3	5	6	8	13	19
	400	-	-	-	1	1	1	3	4	6	7	12	17
	500	-	-	-	1	1	1	2	3	5	6	10	14
	600	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	8	11
	700	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	7	10
	750	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	6	10
	800	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	6	9
	900	-	-	-	-	-	1	1	1	3	3	6	8
	1000	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5	7
	1250	-	-	-	-	-	1	1	1	1	2	4	6
	1500	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	3	5
	1750	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	3	4
	2000	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	3	4

Tabla 3.10 Número máximo de conductores en tubo conduit rígido de PVC

Las canalizaciones o ductos deben ser de material sintético, metal u otros, que reúnan las siguientes condiciones:

- No ser higroscópicos.
- Poseer un grado de protección adecuada al piso.
- Todas las instalaciones subterráneas se deben conectar a tierra y unir equipotencialmente.
- Las canalizaciones subterráneas en ductos deben tener cámaras de inspección que cumplan los requerimientos anteriormente debiéndose instalar en tramos rectos una cámara máxima cada 40 metros de conducto y en donde existan cambios de ángulo o de dirección de la trayectoria, salvo cuando existan causas debidamente justificadas que permita una distancia mayor, (por ejemplo, cruce de grandes avenidas), en cuyo caso deberá quedar asentado en la memoria o especificación técnica del proyecto.
- Las cajas de inspección deben quedar localizadas en andenes y/ozonas verdes y no podrán tener ningún elemento sobre ellos que impida el libre retiro de la tapa. Deberá mantenerse una distancia útil de 0,2 metros entre el borde externo del conductor y cualquier otro servicio (gas, agua, calefacción, vapor, aire comprimido, etc.). Si esta distancia no puede ser mantenida se debe separar en forma

efectiva las instalaciones a través de una hilera cerrada de otros materiales dieléctricos, resistentes al fuego, a los arco eléctricos y malos conductores de calor y de por lo menos 5 cm de espesor.

• No se permite la instalación de canalizaciones (con excepción de las construidas para tal fin) o cables sobre el nivel del suelo terminado, se entiende por “suelo terminado” el que habitualmente es pisado por las personas como resultado de su actividad habitual.

• Las cajas para redes de baja tensión podrán alojar a su vez redes de alumbrado público. En ningún caso las cajas para redes eléctricas podrán.

• Ser cruzadas por ductos o conductores de otros sistemas (por ejemplo: Comunicaciones, televisión, acueducto, gas, alcantarillado, etc.).

• Al llegar a una de las cajas, los ductos deberán estar provistos de boquillas terminales adecuados, los ductos de reserva deberán taponarse a fin de mantenerse libres de basuras, tierra o animales.

• Se deben construir desagües en las cajas de inspección para acometidas BT en la parte más baja de cada proyecto y donde se requiera. Estos Irán en tubería de 1

½’’ a 2 ½’’ de diámetro y conectado a la red de aguas lluvias de la vía.

• Cuando la red de aguas lluvias se encuentre a nivel superior al piso de la cámara de inspección, se debe construir una cámara sencilla intermedia, en la cual la ductería y el drenaje tengan un nivel superior a la red de aguas lluvias.

• Se deben instalar juegos de terminales termoencogibles o premoldeados, para uso exterior o interior según necesidad. Los empalmes y derivaciones de los conductores que deben realizarse en las cajas de inspección deben ser de dos tipos. Moldeados en fábrica y termo contraíbles. Los empalmes se deben realizar en barrajes preformados y debe existir un barraje por cada fase.

DUCTERIA:

Las canalizaciones utilizadas para el tendido de cables de circuitos de distribución subterránea son ductos de acero galvanizado o ductos de PVC corrugados con los accesorios respectivos.

La disposición de los conductores dentro del ducto debe conservar su posición y adecuación a lo largo del recorrido, asegurando que se mantenga la separación de los circuitos. Los conductores de un mismo circuito deben disponerse en un solo grupo a través del ducto, no se permite que vayan por ductos separados.

Los ductos de acero galvanizado se utilizan en los cambios de redes primarias y secundarias, subterránea a aérea o viceversa, o donde existan condiciones especiales que lo requieran como cruce de vías férreas y ducterías colgantes de puentes. Estos ductos deben ser puestos a tierra sólidamente.

La ductería de PVC se utiliza para canalizar redes primarias, secundarias, alumbrado público y acometidas.

7.15 Cálculos de pérdidas de energía

Se calculará de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$PL\% = \frac{rM}{V_L^2 \cos \emptyset} \times 100$$

Donde:
PL%: Pérdidas máximas de potencia en porcentaje r: Resistencia por unidad de longitud (Ω/km)

M: Momento eléctrico (L×kVA)
V_L: Voltaje de línea
Φ: Angulo del factor de potencia de la carga

Se deberán cumplir los límites de pérdidas de potencia máxima establecidos en la tabla 2.4 (perdidas máximas de energía y potencia) del ítem 2.1.5. De la norma ESSA.

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

Tabla 2.4 Pérdidas máximas de energía y potencia

CALCULOS DE REGULACIÓN DE VOLTAJE Y PERDIDAS DE POTENCIA EN ACOMETIDA PRINCIPAL Y PARCIAL														
TRAMO	LONGITUD (MTS)	N° USUARIOS	KVA DISEÑO	MOMENTO KVA (m)	CONDUCTOR	TIPO DE RED	FC DE RED	KG COND	K COND	R COND	REGULACION PARCIAL	REGULACION TOTAL	PERDIDA DE POTENCIA PARCIAL (%)	PERDIDA DE POTENCIA TOTAL (%)
ACOMETIDA	10	1	25,00	250	2 AWG	FFN	2	55,14	0,00113926	0,52	0,569628	0,569628	0,268595	0,268595
ORCINAS	60	1	9,86	592	6 AWG	FFN	2	132,50	0,0027376	2,10	3,239132	3,239132	2,566860	2,566860
PARQUE	60	1	4,90	294	4 AWG	FFN	2	85,09	0,00175806	0,85	1,033738	1,033738	0,516322	0,516322

REGULACION ALIMENTACION DE MAYOR DISTANCIA DE LA RED DE ILUMINACION

	Longitud tramo (m)	Lamparas	Carga instalada	Carga x circuito (kVA)	Momento electrico (M=kVA x m)	Fases trafo	Tipo de red	Conductor AL	fp	KG conductor	Voltaje	Fc	$K = Fc\frac{Kg}{V_L^2}$	$R\% = KxM$	$I = \frac{KVA}{\sqrt{3}xV}$	r=Ohm/km	$PL\% = \frac{rxM}{V_L^2 xfp}x100$
TABLERO- LAMPARA	220	19	1,74	1,74	382,80	2	FF	6	0,9	212,21	220	1,73	8,E-03	2,90697	7,91	1,3	1,14242

El valor de perdida de potencia es inferior al establecido para acometidas de baja tensión en la tabla 2.4 (perdidas máximas de energía y potencia) del ítem 2.1.5. De la norma ESSA.
.

7.16 Cálculos de regulación

Caída de tensión

La sección de los conductores se determinó en función de sus cualidades eléctricas. En general el cálculo se fundamentó en la caída de tensión "R%" que por ser zona urbana deberá ser inferior al 3% según norma ESSA articulo 2.1.4 límites de regulación. La siguiente expresión indica la caída de tensión entre fases para circuitos trifásicos,

La siguiente tabla define los porcentajes parciales de regulación admitidos:

Descripción	%
Redes de distribución, B.T., zona urbana	5
Redes de distribución, B.T., zona rural	7
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) para cargas concentradas o multiusuarios desde bornes del transformador	3
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) desde redes de la Empresa	2
Circuito ramal	2
Alumbrado público	4

R %= (kG /V_L^2)*M
Donde:

M = Momento eléctrico. Se calcula como el producto de la potencia aparente en (kVA) y Longitud del tramo en metros (m).
V_L =Tensión de la línea (V).
KG = Constante de regulación generalizada del conductor y se calcula como

KG = (r cosϕ + XL cosϕ)
Donde

r = Resistencia por unidad de longitud del conductor (Ohm/km). φ = Angulo del factor de potencia de la carga.
XL = Reactancia inductiva por unidad de longitud del conductor (Ohm/km).

7.17 Clasificación de áreas

Para el presente proyecto no existe clasificación de áreas

7.18 Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción

Estos planos se presentan en documento aparte, el cual forma parte integral del presente diseño.

7.19 Especificaciones de construcción complementarias a los planos

En este numeral se incluyen recomendaciones y especificaciones que son necesarias implementar durante la construcción de la red para garantizar la estabilidad y seguridad de la instalación.

Todos los materiales que se empleen en la construcción de las redes baja tensión objeto del presente diseño deben demostrar el cumplimiento del RETIE mediante Certificado de Conformidad de Producto, expedido por un organismo de certificación acreditado por el ONAC.

6.19.1 POSTES

Se deben usar postes de dimensiones estandarizadas de 8, 10, 12 o 14 metros, con tolerancias de más o menos 5 centímetros y cargas de rotura de 510, 750, 1050, 1350, 1800 o 2000 kgf.

Se pueden emplear postes metálicos o de materiales poliméricos reforzados, siempre y cuando cumplan con las cargas de rotura requeridas según el diseño electromecánico de las estructuras.

Los postes deben ser resistentes a la intemperie y deben ser probados para operación en estos ambientes.

El poste debe tener en la parte superior perforaciones diametrales, sobre un mismo plano a distancias uniformes con las dimensiones y tolerancias para ser atravesadas por pernos hasta de 19 mm de diámetro.

No deben presentar partes de su armadura expuestas a la corrosión; la profundidad del hierro no debe ser menor a 20 mm para uso en ambientes normales.

No deben presentar fisuras o grietas que comprometan la vida útil y la seguridad mecánica.

El poste, bajo la acción de una carga aplicada a 20 cm de la cima, con intensidad igual al 40% de la carga mínima de rotura, no debe producir una flecha superior al 3% de la longitud libre.

El poste debe tener identificado con pintura permanente la sección trasversal donde se encuentre su centro de gravedad, con el fin de permitir su manipulación e izaje con el menor riesgo para el operario.

Los postes deben llevar una placa visible en bajo relieve o embebida si es de concreto, localizada a dos metros de la señal de empotramiento, la siguiente información: Nombre o razón social del productor, Longitud, Carga mínima de rotura, Peso y Fecha de fabricación.

Los postes deben tener identificada con pintura permanente la sección transversal donde se localice la distancia de empotramiento.

El poste debe ser empotrado a una profundidad igual a 60 cm más el 10% de la longitud del poste y siempre se debe verificar que no presente peligro de volcamiento.

6.19.2 HERRAJES

Todos los herrajes que se empleen en las redes de distribución deben tener protección contra la corrosión, para lo cual deben utilizarse técnicas probadas tales como galvanizado en caliente, galvanizado electrolítico o recubrimiento organometálico.

Los herrajes deben tener superficies lisas y estar libres de bordes agudos, protuberancias, rebabas, escorias o escamas.

Las grapas de retención del conductor y los empalmes deben soportar una tensión mecánica en el cable del por lo menos el 90% de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca deslizamiento.

Los calibres del ángulo de las crucetas y su longitud no deben ser inferiores a las calculadas según los esfuerzos mecánicos y exigidas por el Operador de Red en sus unidades constructivas.

Las crucetas metálicas a utilizar en las protecciones del transformador llevarán las perforaciones estándar para instalación de cortacircuitos y DPS’s.

Las crucetas metálicas utilizadas en el tendido de la red de media tensión deberán ser sostenidas con diagonales metálicas en V de 48”.

Para estructuras de paso en ángulo se deberán emplear dos (2) crucetas con doble pin por conductor.

6.19.3 AISLADORES

Los aisladores pueden ser de porcelana, vidrio, resina epóxica, a u otros aislantes equivalentes resistentes a la intemperie.

Los aisladores para 13.2 kV deben tener un aislamiento de 15 kV y un BIL de 95 kV. Para 34.5 kV el aislamiento será de 36 kV y un BIL de 200 kV.

En estructuras terminales o de retención en media tensión 13,2 kV se deberán usar dos (2) aisladores de suspensión de 6” por línea.

En estructuras terminales o de retención de media tensión a 34,5 kV se usarán cuatro (4) aisladores de suspensión de 6” por línea.

La ranura superior de los aisladores de pin quedará alineada en la misma dirección del conductor y se aprovechará para el amarre del mismo, excepto cuando existan ángulos, en cuyo caso se amarrará el conductor a la ranura lateral del aislador, en la parte opuesta a las fuerzas desbalanceadas.

6.19.4 CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Los cables de aluminio con refuerzo de acero (ACSR) y de aleaciones de aluminio (AAAC) deben tener el número de hilos definidos según las tablas técnicas. Se aceptan otros tipos de cables, tales como ACCC, ACCR, ACSR/AW, ACAR, ACSR/TW, ACCS.

Los conductores de baja tensión deberán ser cable cuádruplex, triplex de aluminio tipo XLPE 600V, cables de las fases en aluminio trenzados alrededor del neutro aislados en polietileno reticulado XLPE. 90 ºC.

El neutro puede ser en ACSR o en aleación de aluminio AAAC.

El calibre del neutro puede ser como máximo un calibre inmediatamente inferior al de las fases.

Los conductores de las salidas del transformador deben ser en cable trenzado de un calibre que cumpla con la capacidad de corriente, regulación y pérdidas de potencia.

Los extremos de los cables en finalizaciones de circuito se deben cubrir con tapones adecuados para tal fin, para protegerlos contra contactos accidentales y entrada de humedad al cable.

Los conductores eléctricos no deben estar maltratados, quemados perforados o con abolladuras, estos deben ser nuevos y cumplir con las normas correspondientes.

En líneas y redes no se permite empalmar más de un conductor, ni se acepta hacer más de un empalme por vano.

Los empalmes deberán estar a una distancia mínima de tres (3) metros de los respectivos soportes. No se aceptarán empalmes en vanos que atraviesan vías principales.

Los puentes en postes de abertura deben hacerse en el mismo calibre del ramal principal.
En todo apoyo en suspensión o de paso el conductor sobre el aislador de pin debe tener su blindaje correspondiente.

El calibre del conductor del neutro en la red aérea de baja tensión será igual al de las fases o de un calibre menor, para sistemas trifásicos y bifásicos balanceados.

Cuando la red es la prolongación de una red principal de ESSA., no se requiere la instalación de cortacircuitos en el punto de arranque siempre que se mantenga el mismo tipo de conductor y calibre.

6.19.5 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Los transformadores deben tener un dispositivo de puesta a tierra para conectar sólidamente el tanque, el gabinete, el neutro y el núcleo.

Los transformadores de distribución deben poseer un dispositivo para levantarlos o izarlos, el cual debe ser diseñado para proveer un factor de seguridad mínimo de cinco.

Los dispositivos de soporte para colgar en poste deben ser diseñados para proveer un factor de seguridad de cinco.

Los transformadores con un peso inferior a 800 kgf, se deben instalar en un solo poste que tenga una resistencia de rotura no menor a 1050 kgf.

En áreas urbanas se debe evitar el uso de estructuras con doble poste para la instalación de transformadores, ya que generan mayor impacto visual e incomodidad en la movilidad.

Toda subestación tipo poste debe tener por lo menos en el lado primario del transformador protección contra sobrecorrientes y contra sobretensiones (DPS).

La conexión del transformador tipo poste desde la red de media tensión ingresar primero al corta circuito y luego llegar al borne del DPS.

El DPS debe instalarse en el camino de la corriente de impulso y lo más cerca posible de los bujes del transformador.

El transformador debe tener el punto neutro y la carcasa sólidamente conectados a tierra.

Los elementos de fijación del transformador deben soportar por lo menos 2,5 veces el peso de este.

Las conexiones en media tensión, deben tener una forma y rigidez mecánica que no les permita moverse con el viento o vibraciones, de tal forma que las ponga en contacto con partes que no se deben energizar, o acercamientos que produzcan arcos eléctricos.

6.19.6 CORTACIRCUITOS

En redes aéreas todo circuito derivado de un alimentador principal en media tensión se protegerá con cortacircuitos tipo abierto de caída libre que utilizarán hilos fusibles tipo lento.

En los cortacircuitos de media tensión se utilizarán hilos fusibles tipo H o similar seleccionados en forma general con un valor igual o el más próximo normalizados a la corriente nominal del transformador.

6.19.7 DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES TRANSITORIAS (DPS)

Los DPS utilizados en media, alta y extra alta tensión con envolvente en material de porcelana, deben contar con algún dispositivo de alivio de sobrepresión automático que ayude a prevenir la explosión del equipo.

Los DPS utilizados en media tensión con envolvente en material polimérico, deben contar con algún dispositivo externo de desconexión en caso de quedar en cortocircuito.

Para la instalación de un DPS se debe tener en cuenta que la distancia entre los bornes del mismo y los del equipo a proteger debe ser lo más corta posible (las normas recomiendan máximo 50 cm), de tal manera que la inductancia sea mínima.

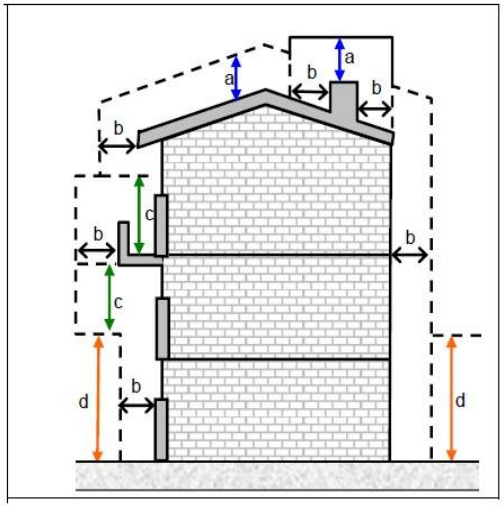
La capacidad de cortocircuito del DPS debe estar coordinada con la capacidad de falla en el nodo donde va a quedar instalado.

7.20 Establecer las distancias de seguridad requeridas

Para el presente proyecto se tendrán en cuenta las distancias de seguridad señaladas en el Capítulo 13 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE puesto que su incumplimiento es fuente de riesgos que afectarán la integridad de las personas y sus bienes.

Teniendo en cuenta que la red de media tensión utiliza conductores desnudos, las distancias verticales se toman siempre desde el punto energizado más cercano al lugar de posible contacto.

Distancias de seguridad en zonas con construcciones



La distancia horizontal “b” se toma desde la parte energizada más cercana al sitio de posible contacto, es decir, trazando un círculo desde la parte energizada, teniendo en cuenta la posibilidad real de expansión vertical que tenga la edificación y que en ningún momento la red quede encima de la construcción.

Si se tiene un tendido aéreo con cable aislado y con pantalla no se aplican estas distancias; tampoco se aplica para conductores aislados para baja tensión.

6.20.1 DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES

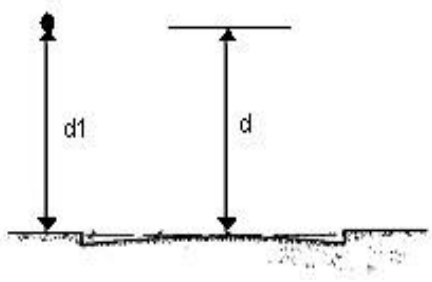
Las distancias mínimas de seguridad que deben guardar las partes energizadas respecto de las construcciones se muestran en la siguiente tabla.

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES		
Descripción	**Tensión nominal entre fases (kV)**	**Distancia (m)**
	44/34,5/33	3,8

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

Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones

No se deben instalar conductores de redes o líneas del servicio público, por encima de edificaciones donde se tenga presencia de personas



Distancias d1 y d en cruce y recorridos de vías

En los tendidos de la red de distribución se debe tener en cuenta que las alturas de los conductores **d1** y **d** con respecto al piso o de la vía no podrán ser inferiores a las distancias que se muestran a continuación.

	Descripción	Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia (m)
	Distancia mínima al suelo “**d**” en **cruces** con carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular (Figura 13.2).	500	11,5
		230/220	8,5
		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
	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 13.2).	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 la zona de servidumbre (Figura 13.2).	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	500	11,1
		230/220	9,3
		115/110	8,6
	peligrosos, 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 13.3)[9]	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 13.4)	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,	500	12,9
		230/220	11,3
		115/110	10,6

	canales navegables o flotantes adecuados para embarcaciones con altura superior a 2 m y menor de 7 m (Figura 13.4)	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 adecuadas para embarcaciones con altura mayor a 2 m. (Figura 13.4)	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

Para el caso de cruces o recorridos paralelos de distintas líneas, se deben tener en cuenta las siguientes distancias mínimas.

		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								

Distancias verticales mínimas en vanos con líneas de diferentes tensiones

Los conductores sobre apoyos fijos, deben tener distancias horizontales y verticales entre cada uno, no menores que el valor que se muestra en la siguiente tabla.

	CLASE DE CIRCUITO Y TENSIÓN ENTRE LOS CONDUCTORES CONSIDERADOS	**DISTANCIAS HORIZONTALES DE SEGURIDAD (cm)**
	Conductores de comunicación expuestos	15 (1) 7,5 (2)
	Alimentadores de vías férreas 0 a 750 V (4/0 AWG o mayor calibre). 0 a 750 V (calibre menor de 4/0 AWG). Entre 750 V y 8,7 kV.	 15 30 30
	Conductores de suministro del mismo circuito. 0 a 8,7 kV Entre 8,7 y 50 kV Más de 50 kV	 30 30 más 1 cm por kV sobre 8,7 kV Debe atender normas internacionales
	Conductores de suministro de diferente circuito (3) 0 a 8,7 kV Entre 8,7 y 50 kV Entre 50 kV y 814 kV	 30 30 más 1 cm por kV sobre 8,7 kV 71,5 más 1 cm por kV sobre 50 kV

Distancia horizontal entre conductores soportados en la misma estructura

7.21 Justificación Técnica de desviación de la NTC 2050

No se tendrán desviaciones respecto a la NTC 2050 para el presente proyecto.

7.22 Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación.

Para el presente proyecto no se elaborarán otros estudios diferentes a las memorias de cálculo y planos.

Anexos