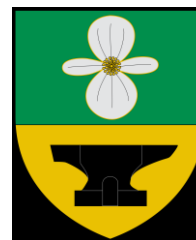


JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



**DISEÑO DE REDES ELECTRICA PARA POLIDEPORTIVO, MUNICIPIO DE
MANZANARES CALDAS**

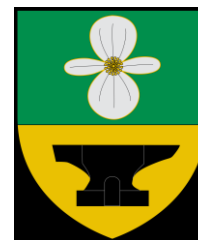
INFORME MEMORIAS DE CÁLCULO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS
POLIDEPORTIVO – MANZANARES CALDAS.

MANZANARES – CALDAS
MARZO DE 2024

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



TÍTULO DEL DOCUMENTO	INFORME MEMORIAS DE CÁLCULO DE INSTALACIONES POLIDEPORTIVO – MANZANARES, CALDAS									
REVISIÓN Y APROBACIÓN										
GRUPO DE TRABAJO SALA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	REVISIÓN No				FECHA DE REVISIÓN		
				0	1	2	3			
	DIBUJANTE	JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO								
	INGENIERO ELECTRICISTA	JUAN ESTEBAN HOYOS.								
APROBACIÓN										
VERSIONES Y MODIFICACIONES										
VERSIÓN No	SOLICITUD DE LA MODIFICACIÓN	CAPÍTULO MODIFICADO	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN							
0										
1										
2										

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927

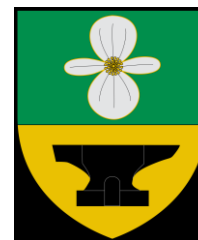


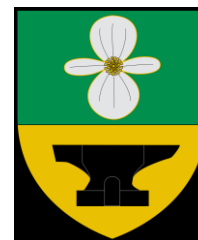
TABLA DE CONTENIDO.

1. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	7
1.1. NORMATIVIDAD.	7
1.2. GENERALIDADES.....	8
1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	8
2. DESARROLLO DEL DISEÑO DETALLADO ACORDE AL ARTÍCULO 10.1 DEL RETIE.....	8
2.1 ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.....	8
2.2 ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.....	8
2.3 ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA.....	9
2.4 ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.....	10
2.5 ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS.....	27
2.5.1 FACTOR DE RIESGO POR ARCOS ELÉCTRICOS.....	27
2.5.2 FACTOR DE RIESGO POR AUSENCIA DE ELECTRICIDAD.....	28
2.5.3 FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO DIRECTO.....	29
2.5.4 FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO INDIRECTO.....	30
2.5.5 FACTOR DE RIESGO POR CORTOCIRCUITO.....	31
2.5.6 FACTOR DE RIESGO POR ELECTRICIDAD ESTÁTICA.....	32
2.5.7 FACTOR DE RIESGO POR EQUIPO DEFECTUOSO.....	33
2.5.8 FACTOR DE RIESGO POR RAYOS.....	34
2.5.9 FACTOR DE RIESGO POR SOBRECARGA.....	35
2.5.10 FACTOR DE RIESGO POR Tensión DE CONTACTO.....	36
2.5.11 FACTOR DE RIESGO POR Tensión DE PASO.....	37
2.6 ANÁLISIS DEL NIVEL Tensión REQUERIDO.....	38
2.7 CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA ASEGURAR QUE, EN ESPACIOS DESTINADOS A ACTIVIDADES RUTINARIAS DE LOS OPERARIOS DE LA CASA CURAL, NO SE SUPEREN LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN DEFINIDOS EN LA TABLA 14.1 DEL RETIE.....	38
2.8 CÁLCULO DE TRANSFORMADORES, INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA.....	38
2.9 CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	39
2.9.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	41

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927

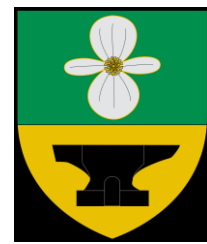


2.10 CÁLULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA LA TOTALIDAD DE LOS FACTORES.	44
2.10.1 Cálculo de Demanda y Acometida.	44
2.11 VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA EL TIEMPO DE DISPARO DE LOS INTERRUPTORES, LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DE LA RED Y LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CONDUCTOR, DE ACUERDO CON LA NORMA IEC 60909, IEEE 242, CAPÍTULO 9 EQUIVALENTE.	45
2.12 CÁLULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECCIÓN DE EQUIPOS.	46
2.13 CÁLULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTE. EN BAJA TENSIÓN, SE PERMITE LA COORDINACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE DE LOS DISPOSITIVOS SEGÚN IEC 60947-2.	46
2.14 CÁLCULOS DE CANALIZACIONES (TUBO, DUCTOS, CANALETAS Y ELECTRODUCTOS) Y VOLUMEN DE ENCERRAMIENTOS (CAJAS, TABLEROS, CONDULETAS, ETC.)	47
2.15 CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA, TENIENDO EN CUENTA LOS EFECTOS ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA.	48
2.16 CÁLCULOS DE REGULACIÓN.	48
2.16.1 Clasificación de Áreas.	48
2.17 ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS UNIFILARES.	49
2.18 ELABORACIÓN DE PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN.	49
2.19 ELABORACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS, INCLUYENDO LAS DE TIPO TÉCNICO DE EQUIPOS Y MATERIALES, Y SUS CONDICIONES PARTICULARES.	49
2.20 ESTABLECIMIENTO DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD REQUERIDAS.	49
2.20.1 Distancias de Seguridad en Tableros de Distribución.	49
2.21 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE DESVIACIÓN DE LA NTC 2050 CUANDO SEA PERMITIDO, SIEMPRE Y CUANDO NO COMPROMETA LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS O DE LA INSTALACIÓN.	50
3 SELECCIÓN DE LA MEDIDA SEGÚN CREG 038.	51
3.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE PUNTO DE MEDICIÓN.	51
3.2 SELECCIÓN DE LA EXACTITUD DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.	51
3.3 CLASIFICACIÓN DEL MEDIDOR DE ENERGÍA.	51
3.4 SELECCIÓN DEL MEDIDOR DE ENERGÍA.	52
4. REFERENCIAS TÉCNICAS.	54

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



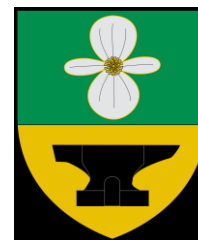
GUÍA DE TABLAS.

Tabla 1 Tensión al impulso que deben soportar los equipos.	9
Tabla 2 Análisis de probabilidad de valores de corriente pico para el riesgo.	14
Tabla 3 Densidad de descargas vs. Corriente pico.	14
Tabla 4 Indicadores de gravedad.	15
Tabla 5 Clasificación de estructuras.	15
Tabla 6 Tipos de estructuras.	15
Tabla 7 Dimensiones de estructura.	15
Tabla 8 Nivel de riesgo.	16
Tabla 9 Acciones recomendadas de acuerdo al nivel de riesgo.	16
Tabla 11. Nivel de riesgo.	22
Tabla 12. Distancia típica promedio entre bajantes.	24
Tabla 13. Factor carga de ocupantes, retomada de la NFPA 101.	26
Tabla 10 Matrices de factores de riesgo: Por arcos eléctricos. Por ausencia de electricidad. Por contacto directo. Por contacto indirecto. Por corto circuito. Por electricidad estática. Por equipo defectuoso. Por rayos. Por sobrecarga. Por tensión de contacto. Por tensión de paso.	27
Tabla 11 Cantidad de cables instalados.	47
Tabla 12 Capacidades de llenado.	48
Tabla 13 Distancias de seguridad, de acuerdo con el nivel de tensión.	50
Tabla 14 Selección según el tipo de medición.	51
Tabla 15 Selección de exactitud de los elementos de medida.	51
Tabla 16 Selección de tipo de medidor.	52
Tabla 17 Selección de tipo de medida.	52
Tabla 18 Características eléctricas del tipo de medidor.	53

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



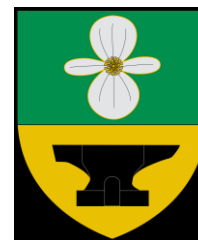
GUÍA DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1. Ubicación del proyecto.....	7
Ilustración 2 Metodología para evaluar el nivel de riesgo (NTC 4552 - 2004).....	13
Ilustración 3. Cálculo de riesgo – Parámetros de diseño.....	19
Ilustración 4. Resultados de la evaluación de riesgo.....	20
Ilustración 5. Vista en Planta.	22
Ilustración 6. Vistas en corte.....	23
Ilustración 3 Diseño de puesta a tierra.	43
Ilustración 4 Curva de coordinación de protecciones.....	46

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



1. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

El proyecto, se encuentra en el Municipio de Manzanares Caldas en la carrera 6ª con Calle 9, al lado de la estación de bomberos.

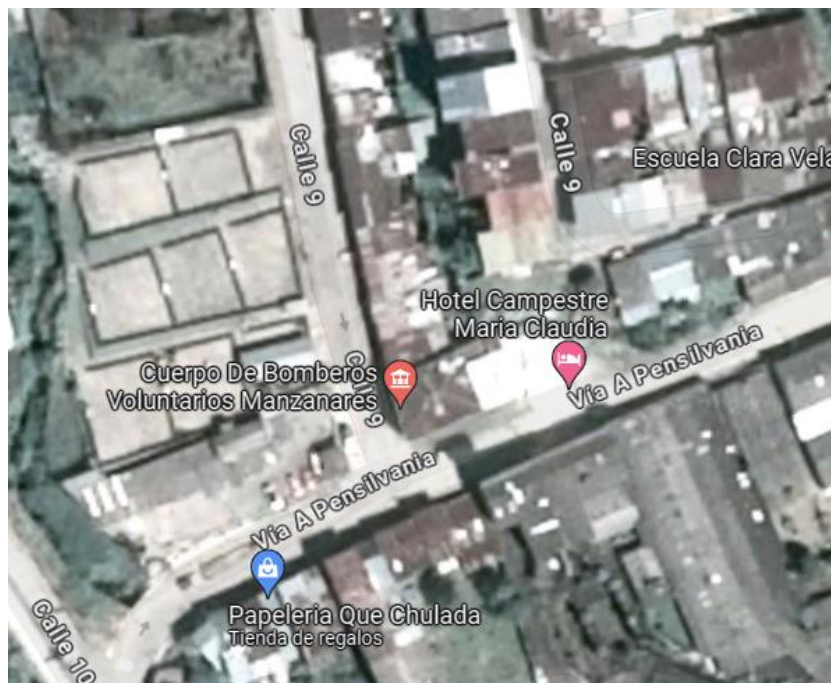


Ilustración 1. Ubicación del proyecto

1.1. NORMATIVIDAD.

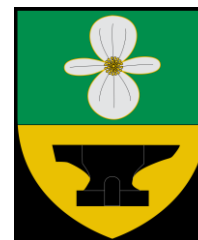
Este diseño se encuentra orientado por el conjunto de normas y reglamentos que las entidades nacionales e internacionales han establecido para este tipo de obras. Específicamente se identifican las siguientes:

- Código Eléctrico Colombiano – NTC 2050 – 1997.
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE 2013.
- NFPA 70: National Electrical Code – NEC 2014.
- Norma IEEE80 – 2013.
- Normas para Construcción de Redes de Distribución OR.
- Norma NTC 4552 – Sistema de apantallamiento y riesgo por rayos.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



1.2. GENERALIDADES.

Nombre del Proyecto:	Diseño eléctrico Polideportivo.
Ciudad / Municipio:	Manzanares, Caldas.
Tipo de servicio:	Tipo oficial.
Número de cuentas:	1.
Tensión del servicio:	240/120V.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

Se presenta el informe del diseño eléctrico para las instalaciones eléctricas para el polideportivo en el municipio de Manzanares, verificando el cumplimiento del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) de acuerdo con su capítulo 10, como diseño detallado.

2. DESARROLLO DEL DISEÑO DETALLADO ACORDE AL ARTÍCULO 10.1 DEL RETIE.

2.1 ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.

Para el cálculo, se estima la totalidad del diseño como carga nueva, donde el factor de potencia corresponde a 0.9 por el tipo de uso de la instalación, el sistema abarca desde el medidor, hasta los circuitos ramales, Los cuadros de cargas se muestran en el documento anexo.

- Plano: PLANOS ELECTRICOS POLIDEPORTIVO MANZANARES. dwg y en .pdf en el plano 3 de 6.

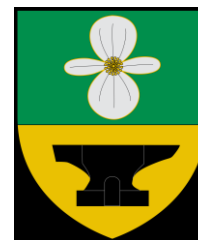
2.2 ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

Con el fin de evitar chispas, arcos eléctricos o cortocircuitos que puedan ser originados por sobretensiones transitorias, ya sea por impacto directo de rayo en la edificación, o en sus acometidas de servicios generales (tales como electricidad, teléfono, gas, ductos metálicos), al igual que por tensiones inducidas por impactos directos o lejanos, generadoras de incendios, explosiones o sobretensiones, que pongan en riesgo vidas humanas; se debe equipotencializar las acometidas de

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



servicios, pantallas de cables, y otras partes metálicas normalmente no energizadas.

Los equipos para los cuales se especifican los métodos de mitigación deben tener definida una categoría de sobretensión, es decir, un nivel básico al impulso (BIL), de acuerdo con su ubicación en las instalaciones. Dicha categoría de sobretensión se presenta a continuación:

Tabla 1 Tensión al impulso que deben soportar los equipos.

Nivel de tensión de operación de los equipos V	BIL requerido en (kV)			
	Contadores	Tableros, interruptores, cables, etc.	Electrodomésticos, herramientas portátiles	Equipo electrónico
	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
120 – 240 ; 120 / 208	4	2,5	1,5	0,8
254 / 440 ; 277 / 480	6	4	2,5	1,5

Se pretende controlar la posibilidad de pérdida del suministro de energía eléctrica, ocasionada por sobretensiones que pudiesen causar daños en los conductores, equipos y elementos de protección de la instalación.

2.2.1 Condiciones Ambientales de la Instalación.

- Altura sobre el nivel del mar (m): 1871 msnm.
- Temperatura ambiente Promedio (°C): 28.

2.3 ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA.

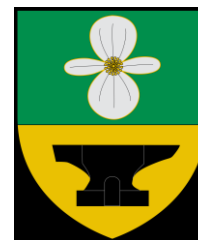
Los métodos más conocidos para el análisis de cortocircuito son:

- a) Método de las componentes simétricas, el cual es un método exacto.
- b) Método porcentual, o método por unidad.
- c) Método de los MVA's, o método de las potencias.
- d) Método de la matriz Zbarra, el cual es otro método exacto.
- e) Método por software.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



El objetivo primordial del análisis de corto circuito es calcular el valor máximo de la corriente, para determinar la capacidad de los elementos de protección y maniobra de las instalaciones.

En diseños para redes de baja tensión, no se considera fundamental realizar un análisis de cortocircuito y falla a tierra riguroso, debido a la configuración de las redes de uso final, hecho que sí es de fundamental estudio en las redes de media y alta tensión, sin embargo, se presenta el cálculo de corriente de cortocircuito para baja tensión, para el nivel de aislamiento que deben tener los tableros y demás elementos del sistema, y con el fin de tener un punto de referencia para la coordinación de protecciones.

Siendo consecuentes con lo anterior, los Breakers de los circuitos ramales del diseño, los cuales no tienen capacidades mayores a 20A debido a la carga calculada de los mismos, las protecciones parciales del tablero general de baja tensión las cuales no tiene corrientes nominales superiores a los 50A y el totalizador principal, cumplen todos y cada uno con los principios de la coordinación de protecciones como lo son la confiabilidad, selectividad, sensibilidad y velocidad.

Cabe anotar también que, en diseños para redes de baja tensión, no se considera fundamental realizar un análisis de cortocircuito y falla a tierra riguroso debido a la configuración de las redes de uso final, hecho que si es de fundamental estudio en las redes de media y alta tensión.

2.4 ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.

Se realiza estudio del sistema de protección contra descargas atmosféricas, y se anexa el cálculo a este informe.

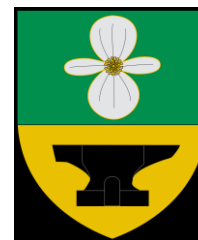
2.4.1 Introducción.

El estudio presentado a continuación, corresponde al análisis de riesgo para reducir las pérdidas ocasionadas por rayos, a través de un procedimiento que permite la selección de medidas de protección apropiadas, que deben adoptarse para reducirse el riesgo a un límite tolerable o por debajo de él. En el estudio se debe, incluso, clasificar la estructura, determinar el riesgo de daño, el nivel de protección

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



requerido y seleccionar el tipo de protección externa contra descargas atmosféricas, cuando el riesgo tolerable lo requiera.

En caso de que se requiera un sistema de protección externa, se procede a dimensionar los elementos y dispositivos necesarios para interceptar el rayo, y conducirlo adecuadamente a la tierra, mediante el método electro geométrico, para cumplir con lo establecido en el RETIE, evitando la circulación de corrientes peligrosas para los equipos, las instalaciones y las personas.

Ningún sistema, protege totalmente contra la acción del rayo, sin embargo, la aplicación de estas normas reducirá de forma significativa el riesgo de los daños producidos por el rayo.

2.4.2 Objetivo.

Definir y determinar la metodología para el análisis de riesgo, de acuerdo con la norma NTC – 4552-2 “Manejo del Riesgo” y conforme con este análisis enfocado en la selección de medidas de protección adecuadas para reducir las pérdidas debidas a rayos.

2.4.3 Alcance.

El Sistema de Protección Contra Descargas Atmosféricas (SIPRA), se calcula para la totalidad del polideportivo.

2.4.4 Normativa.

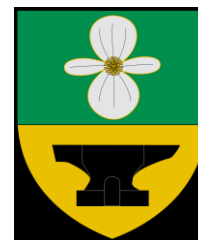
Este diseño, se halla orientado por el conjunto de normas y reglamentos que las entidades nacionales e internacionales han establecido para este tipo de obras. Específicamente se identifican las siguientes:

- Código Eléctrico Colombiano – NTC 2050 – 1997.
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE 2013.
- IEC 62305-1 Principios generales y definiciones fundamentales de la protección contra el rayo.
- IEC 62305-2 Manejo del Riesgo.
- IEC 62305-3 Daños físicos a estructuras y amenazas a la vida.
- NTC 4552-1 Protección contra Rayos. Principios Generales.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



- NTC 4552-2 Protección contra Rayos. Manejo del riesgo.
- NTC 4552-3 Protección contra Rayos. Daños físicos a estructuras y amenazas a la vida.
- Norma IEC 60364 – Diseño de Instalaciones Eléctricas.

2.4.5 Protección Contra Descargas Atmosféricas.

Las descargas eléctricas atmosféricas, no se pueden evitar, pero existen medidas para ejercer un control que ofrezca seguridad a las personas y los equipos eléctricos y electrónicos. Por tanto, las precauciones de protección apuntan hacia los efectos secundarios y las consecuencias de una descarga eléctrica atmosférica a tierra.

El nivel de riesgo se obtiene de la ponderación de los indicadores de exposición al rayo y de la gravedad que puede implicar un impacto directo o indirecto del rayo sobre la estructura o instalación.

2.4.6 Evaluación del Factor de Riesgos para Protección Contra Rayos.

La evaluación del riesgo es un elemento fundamental en el procedimiento para diseñar un sistema de protección contra rayos, y especialmente en el procedimiento de selección del nivel de protección. Por ello, el método de evaluación debe ser efectivo y relativamente simple (Torres Sánchez, 2009). Para encontrar el nivel de riesgo, se tienen en cuenta cuatro índices clasificados y ponderados dentro de dos características:

- Parámetros de los rayos.
- Índices relacionados con la estructura.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927

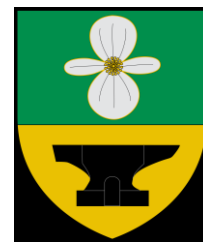
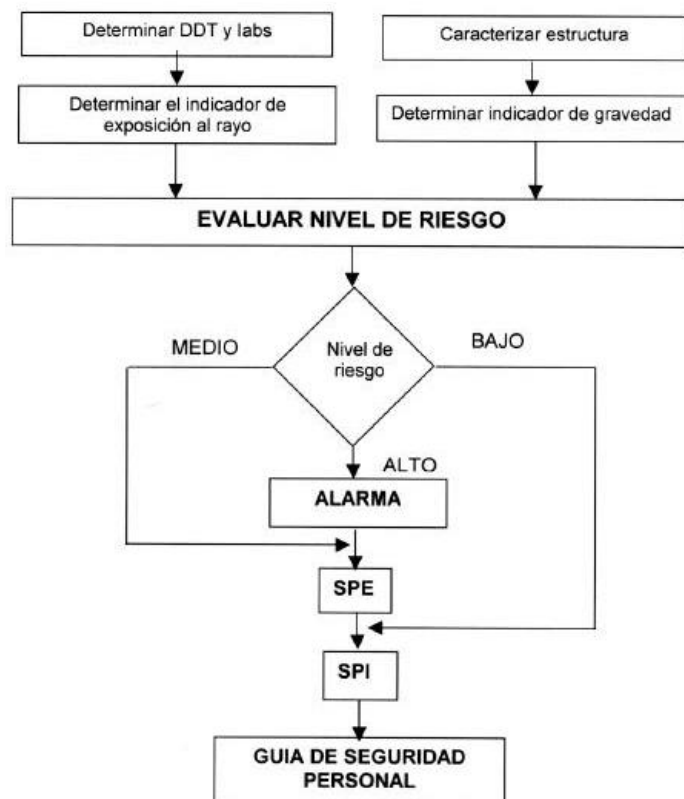


Ilustración 2 Metodología para evaluar el nivel de riesgo (NTC 4552 - 2004)

2.4.7 Determinación de DDT e labs.

Parafraseando a Torres-Sánchez, Horacio (2002), la determinación de la variable labs, se realizó utilizando la distribución de frecuencia acumulada de amplitud y de corriente de rayo, según el comité CIGRE, 1979. De acuerdo con resultados de investigaciones, se ha planteado la hipótesis de que, en países tropicales, como Colombia, se pueden esperar valores de parámetro de rayo superiores a los de otras latitudes. Es por ello, que, en Colombia, se recomienda utilizar para diseño de protección contra rayos, valores de parámetro de rayo con baja probabilidad de ser superados.

Teniendo en cuenta la recomendación de la norma, se hizo un análisis para diferentes valores de probabilidad de corriente pico, buscando encontrar un rango de valores para el riesgo, entre 20% y 50% de probabilidad.

“Los valores máximos de los parámetros de corriente de rayo del nivel I (NPR) se reduce a 75% para el nivel II, ya 50% para los niveles III y IV. Los parámetros del tiempo no cambian” (NTC 4552-1).

Calle 33 #27-27 Barrio Cervantes, Celular 3117776615

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927

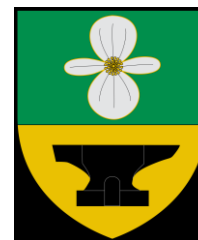


Tabla 2 Análisis de probabilidad de valores de corriente pico para el riesgo.

Probabilidad	Corriente Pico (kA)
50 %	30 kA
20 %	50 kA

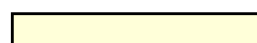
La densidad de descargas a tierra con base en la Norma Técnica Colombiana (NTC 4552-1), indica que la DDT para el área del proyecto es de 6 rayos/km² año.

Tabla 3 Densidad de descargas vs. Corriente pico.

Densidad de descargas a tierra [Descargas/km ² - año]	Corriente pico absoluta promedio [kA]		
	$40 \leq I_{abs}$	$20 \leq I_{abs} < 40$	$I_{abs} < 20$
$30 \leq DDT$			
$15 \leq DDT < 30$			
$5 \leq DDT < 15$			
$DDT < 5$			



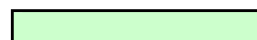
Severos



Altos



Medios



Bajos

Una vez realizada la previsión de los parámetros del cálculo, se procede a realizar la cuantificación del indicador de gravedad, el cual depende del uso, tipo y geometría de la estructura.

$$IG = IUSO + IT + IAA$$

Donde:

- IG = Indicador de gravedad.
- IUSO = Subindicador relacionado con el uso de la estructura.
- IT = Subindicador relacionado con el tipo de estructura.
- IAA = Subindicador relacionado con la altura y el área de la estructura.

Para obtener el indicador de gravedad, se suman los subindicadores relacionados con el uso, tipo y geometría de la estructura.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927

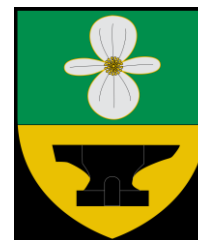


Tabla 4 Indicadores de gravedad.

Resultado de la suma de subindicadores de estructura	Indicador de Gravedad
0 a 35	Leve
36 a 50	Baja
51 a 65	Media
66 a 80	Alta
81 a 100	Severa

Tabla 5 Clasificación de estructuras.

Clasificación de estructuras	Ejemplos de estructura	Indicador
A	Teatros, centros educativos, iglesias, supermercados, centros comerciales, áreas deportivas al aire libre, parques de diversión, aeropuertos, hospitales, prisiones	40
B	Edificios de oficinas, hoteles, viviendas, grandes industrias, áreas deportivas cubiertas.	30
C	Pequeñas y medianas industrias, museos, bibliotecas, sitios históricos y arqueológicos	20
D	Estructuras no habitadas	0

Tabla 6 Tipos de estructuras.

Tipo de estructura	Indicador
No metálica	40
Mixta	20
Metálica	0

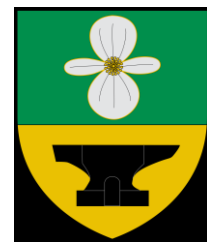
Tabla 7 Dimensiones de estructura.

Altura y área de la estructura	Indicador
Área menor a 900 m ²	
Altura menor a 25 m	5
Altura mayor o igual a 25 m	20
Área mayor o igual a 900 m ²	
Altura menor a 25 m	10
Altura mayor o igual a 25 m	20

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



Así, la suma de subindicadores de estructura es 70, considerándose un indicador de gravedad alta.

Tabla 8 Nivel de riesgo.

GRAVEDAD \ PARÁMETROS	Severa	Alta	Media	Baja	Leve
Severo					
Alto					
Medio					
Bajo					

Nivel de Riesgo de la estructura

	ALTO
	MEDIO
	BAJO

Tabla 9 Acciones recomendadas de acuerdo al nivel de riesgo.

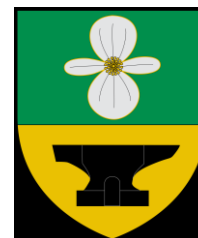
Nivel de riesgo	Acciones recomendadas
NIVEL DE RIESGO BAJO	SPI para acometidas aéreas
	Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100
NIVEL DE RIESGO MEDIO	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100
	SPE
NIVEL DE RIESGO ALTO	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100
	SPE
	Plan de prevención y contingencia

A continuación, se procede a realizar la verificación del cálculo por descargas atmosféricas, teniendo en cuenta que, en la actualidad no se cuenta con un sistema de apantallamiento (SPE) para la edificación.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927

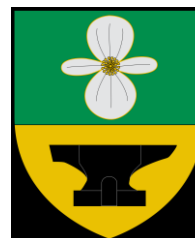


ANÁLISIS DE RIESGO POR RAYOS			
NTC 4552-2/2008			
IEC 62305-2/2006			
PREPARADO POR: ING. LORENA VALENCIA REVISADO POR: ING. HECTOR GRAFFE VALIDADO POR: ING. FAVIO CASAS			
PROYECTO:	POLIDEPORTIVO MANZANARES		
DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA A PROTEGER			
Largo de la estructura L (m)	34	<	>
Ancho de la estructura W (m)	34	<	>
Altura máxima de la estructura H (m)	8	<	>
Marque si la estructura posee parte sobresaliente.	☐	Ejemplo de dimensiones de estructura	
Altura máxima de la estructura H_p (m)	8	<	>
Densidad de rayos a tierra (Rayos/km ² -año) DDT	6	<	> DDT
CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO			
Seleccione la localización de la estructura a ser protegida.	Rodeado de objetos o árboles de igual altura		
Ambiente donde están las acometidas de la estructura.	Suburbano (menos de 10 m de altura)		
Seleccione el tipo de suelo en el interior de la estructura	Prado, concreto.		
Seleccione el tipo de suelo en el exterior de la estructura	Prado, concreto.		
CARACTERÍSTICAS DE LAS ACOMETIDAS DE SERVICIOS			
ACOMETIDA DE POTENCIA			
Marque si la estructura a proteger tiene una estructura adyacente de donde proviene la acometida de potencia	☒	Ejemplo de estructura adyacente	
Longitud de la estructura adyacente L_a (m)	1	<	>
Ancho de la estructura adyacente W_a (m)	1	<	>
Altura de la estructura adyacente H_a (m)	12	<	>
Seleccione la localización de la estructura adyacente	Rodeado de objetos o árboles de igual altura o menor		
Seleccione el tipo de acometida	Acometida Subterránea		
Altura de los conductores de potencia desde el nivel de la tierra H_c (m)	0	<	>
Seleccione la localización de la acometida de servicio	Rodeado de objetos o árboles de igual altura o menor		
Ingrese la longitud de la acometida de servicio (m)	50	<	>
Transformador AT/BT en la acometida	Acometida con Transformador		
Ingrese la resistividad del suelo p (Ωm)	150	<	>

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927

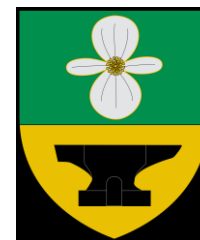


ACOMETIDA DE COMUNICACIONES		
Marque si la estructura a proteger tiene una estructura adyacente de donde proviene la acometida	☐	Ejemplo de estructura adyacente
Longitud de la estructura adyacente La (m)	0	< >
Ancho de la estructura adyacente Wa (m)	0	< >
Altura de la estructura adyacente Ha (m)	0	< >
Seleccione la localización de la estructura adyacente	Rodeado de objetos o árboles de igual altura o menor	
Ingrese el número de acometidas de comunicaciones	1	< >
Seleccione el tipo de acometida	Acometida Subterránea	
Altura de los conductores de comunicaciones desde el nivel de la tierra Hc (m)	0	< >
Seleccione la localización de esta acometida.	Rodeado de objetos o árboles de igual altura o menor	
Ingrese la longitud de la acometida de servicio (m)	0	< >
OTRO TIPO DE ACOMETIDA		
Marque si la estructura a proteger tiene una estructura adyacente de donde proviene la acometida de potencia	☐	Ejemplo de estructura adyacente
Longitud de la estructura adyacente La (m)	0	< >
Ancho de la estructura adyacente Wa (m)	0	< >
Altura de la estructura adyacente Ha (m)	0	< >
Seleccione la localización de la estructura adyacente	Rodeado de objetos o árboles de igual altura o menor	
Ingrese el número de acometidas	0	< >
Seleccione el tipo de acometida		
Altura de los conductores desde el nivel de la tierra Hc (m)	0	< >
Seleccione la localización de la acometida de servicio	Aislado: en la cima de una colina o elevación	
Ingrese la longitud de la acometida de servicio (m)	0	< >
ACCIONES PREVENTIVAS FRENTE AL RIESGO POR RAYO		
Medidas tomadas frente a tensiones de paso y contacto.	Sin medidas de protección	☒
	Aislamiento eléctrico de bajantes expuestas	☐
	Equipotencialización efectiva a nivel del suelo	☐
	Avisos de advertencia	☐
	Refuerzos estructurales como bajantes o restricciones físicas	☐

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



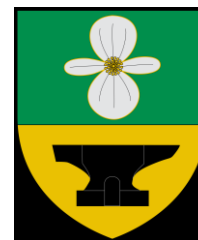
Seleccione el nivel de protección de la estructura	
Estructura no protegida	
Seleccione el sistema de protección interno adoptado en el edificio.	
Sin sistema de protección interno	
Si la estructura a proteger posee paredes y techos metálicos con un espesor entre 0,1 mm y 0,5 mm marque la casilla.	
☒	
Tamaño de la cuadrícula para apantallamientos localizados, distancia entre bajantes o distancia entre columnas si se utiliza un sistema natural (m).	
10	
Tipo de cableado interno	
Sin apantallamiento y con lazos inductivos (conductores del mismo circuito en c	
Marque la casilla si la pantalla del cable está conectada a la misma barra equipotencial a la cual está conectado el equipo.	
☐	
Tipo de canalización	
☐ Metálica puesta a tierra en ambos extremos	
☒ Metálica no puesta a tierra o en un solo extremo	
☐ No Metálica	
Ingrese el menor valor de tensión soportable al impulso tipo rayo en voltios, del sistema a proteger (BIL equipos) Uw	
10	
Marque la casilla si existe equipotencialización de las estructuras metálicas, sistemas internos, partes conductoras externas, acometidas de servicio y líneas conectadas a la estructura a proteger	
☒	
EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS	
PÉRDIDAS DE VIDAS HUMANAS	
Seleccione el uso de la estructura.	
Entretenimiento público, iglesias, museos	
Marque si pueden haber personas expuestas a tensiones de paso y de contacto dentro de la estructura, fuera de la estructura o en ambas ubicaciones.	
☒ Dentro de la estructura	
☒ Fuera de la estructura	
Pérdidas por sobretensiones en instalaciones con sistemas eléctricos críticos.	
Sistemas eléctricos o electrónicos no críticos	
Seleccione el riesgo por fuego en la estructura.	
Bajo (Estructuras que almacenen material combustible ocasionalm	
Seleccione la medida de prevención para reducir las consecuencias por fuego.	
Extintores manuales; instalaciones de alarma manual; hidrantes; compartimientos contra fuego; rutas de e	
Seleccione la situación especial de peligro.	
Nivel medio de pánico (edificaciones para eventos culturales o deportivos, de 100 a 1000 personas)	
PÉRDIDA DE SERVICIOS ESSENCIALES	
Seleccione el tipo de servicio público que no se debería perder.	
TV, Telecomunicaciones, Suministro de potencia	
PÉRDIDA DE HERENCIA CULTURAL IRREEMPLAZABLE	
Seleccione si existe herencia cultural irreemplazable en la edificación.	
☐	

Ilustración 3. Cálculo de riesgo – Parámetros de diseño.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS	RIESGO DE PÉRDIDA DEL SERVICIO PÚBLICO	RIESGO DE PÉRDIDA DEL PATRIMONIO CULTURAL	
R ₁	R ₂	R ₃	VALORES DE RIESGO CALCULADO
1,3986E-07	2,07E-03	0,00E+00	
R ₁	R ₂	R ₃	VALORES DE RIESGO TOLERABLE
1,0000000E-05	1,00E-03	1,00E-03	
R ₁	R ₂	R ₃	CONTROL DEL RIESGO
OK!!! RIESGO CONTROLADO	RIESGO FUERA DE LÍMITES	OK!!! RIESGO CONTROLADO	

Ilustración 4. Resultados de la evaluación de riesgo.

Teniendo en cuenta el análisis y a evaluación del riesgo, se determinó que es necesario implementar un sistema de protección contra descargas eléctricas atmosféricas.

1.3.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN INTEGRAL CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.

Una vez aplicada la metodología de la NTC 4552-2 para la valoración de riesgo de la estructura del proyecto, en donde se encontró que el nivel de riesgo calculado requiere la implementación de un sistema integral de protección contra rayos (SIPRA), se procede a la determinación de los requerimientos constructivos y normativos del mismo.

Una protección externa, está diseñada para las siguientes funciones:

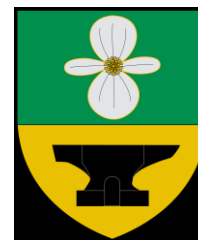
- Interceptar los impactos directos del rayo a la estructura, utilizando un sistema de captación.
- Conducir la energía del rayo de manera segura hasta la tierra, utilizando un sistema de bajantes.
- Dispersar la energía de la descarga atmosférica dentro del suelo, utilizando un sistema de puesta a tierra.

Para el diseño del sistema de protección externo contra descargas atmosféricas, se deben seguir los procedimientos especificados en la NTC 4552-3, numeral 5.2, basados en la aplicación del método electro geométrico. La probabilidad de que una estructura sea penetrada por una corriente de rayo decrece considerablemente por la presencia de un sistema de captación diseñado adecuadamente, por lo cual, los

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



terminales de captación se deben instalar en los puntos sobresalientes, esquinas y bordes de la estructura.

Se debe tener en cuenta que, los terminales de captación -pararrayos-, deben ser varillas metálicas sólidas o tubulares en forma de bayoneta, de acuerdo con la tabla 5 de la NTC 4552-3.

1.3.1.1. Método de las esferas rodantes.

Este modelo, es aplicado a estructuras con una altura inferior a 60 metros, y que poseen una geometría compleja.

El método de la esfera rodante permite ubicar y dimensionar los dispositivos de captación. Consiste en colocar una esfera imaginaria de radio igual al radio de impacto del rayo r_{sc} sobre el plano de referencia de la estructura, luego esta se desplaza a través de la periferia, marcando los puntos de contacto como sitios de posibles descargas atmosféricas, ubicando allí los dispositivos de captación.

Cuando se presenta el fenómeno del rayo, el líder ascendente, realiza el proceso en enlace con el líder descendente, por lo tanto, la esfera representa la longitud del último paso del líder y se calcula a partir de la corriente probabilística mínima del rayo, siendo esta la corriente pico definida para cada nivel de protección; dichas corrientes son usadas para el cálculo del radio de la esfera rodante y están dadas para que cualquier corriente igual o superior a la escogida, sea interceptada por los dispositivos de captación evitando un impacto directo sobre la estructura.

El radio de la esfera rodante, según la norma técnica Colombiana NTC 4552-1, 2008, calculado para zonas tropicales, se da a partir de la siguiente fórmula:

$$r_{sc} = 3,9 \cdot (I_p)^{0,78} (m)$$

Pueden existir rayos que impacten en esquinas, bordes, techos planos, etc. Sin embargo, la probabilidad de impacto en los costados es muy baja para estructuras menores a 60m.

Con base al resultado del análisis del estudio de nivel de riesgo y lo establecido por la norma NTC 4552, se fijan los parámetros para el diseño del sistema de apantallamiento. A continuación, se presenta la tabla de la cual se extrae el valor del radio correspondiente al NPR arrojado por la evaluación del nivel de riesgo:

Calle 33 #27-27 Barrio Cervantes, Celular 3117776615

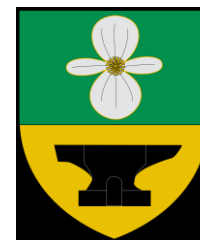


Tabla 10. Nivel de riesgo.

PARÁMETRO	NPR			
	I	II	III	IV
Corriente pico mínima de polaridad negativa en zona tropical (NTC 4552-1, 2008) [kA]	17	21	26	30
Probabilidad que la corriente pico sea mayor al mínimo	0,99	0,97	0,91	0,84
Radio esfera rodante según NTC 4552-3, 2008	35	40	50	55

Fuente: Protección contra rayos, Horacio Torres Sánchez

Ya obtenidos los parámetros del radio para la norma NTC 4552, se procedió a la simulación con el método de la esfera rodante utilizando software CAD, dicha simulación se realizó para cada una de las partes de la estructura, con la finalidad de obtener la ubicación de cada punta captadora. Cuando se refiere a cada una de las partes de la estructura, realmente se habla de las esquinas (Norte, Sur, Oriente, Occidente) de la misma.

En las siguientes figuras se muestra la simulación del diseño del sistema de captación del polideportivo con puntas captadoras de 1.0 m y radio de la esfera rodante de 40 m.

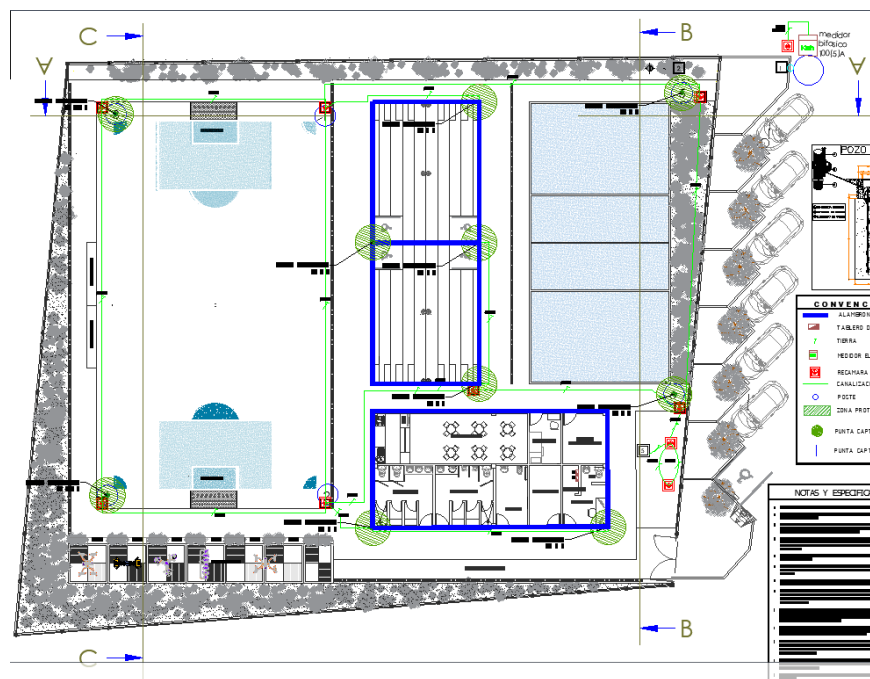


Ilustración 5. Vista en Planta.

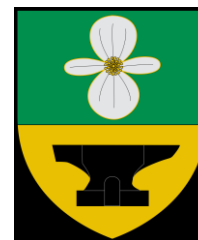
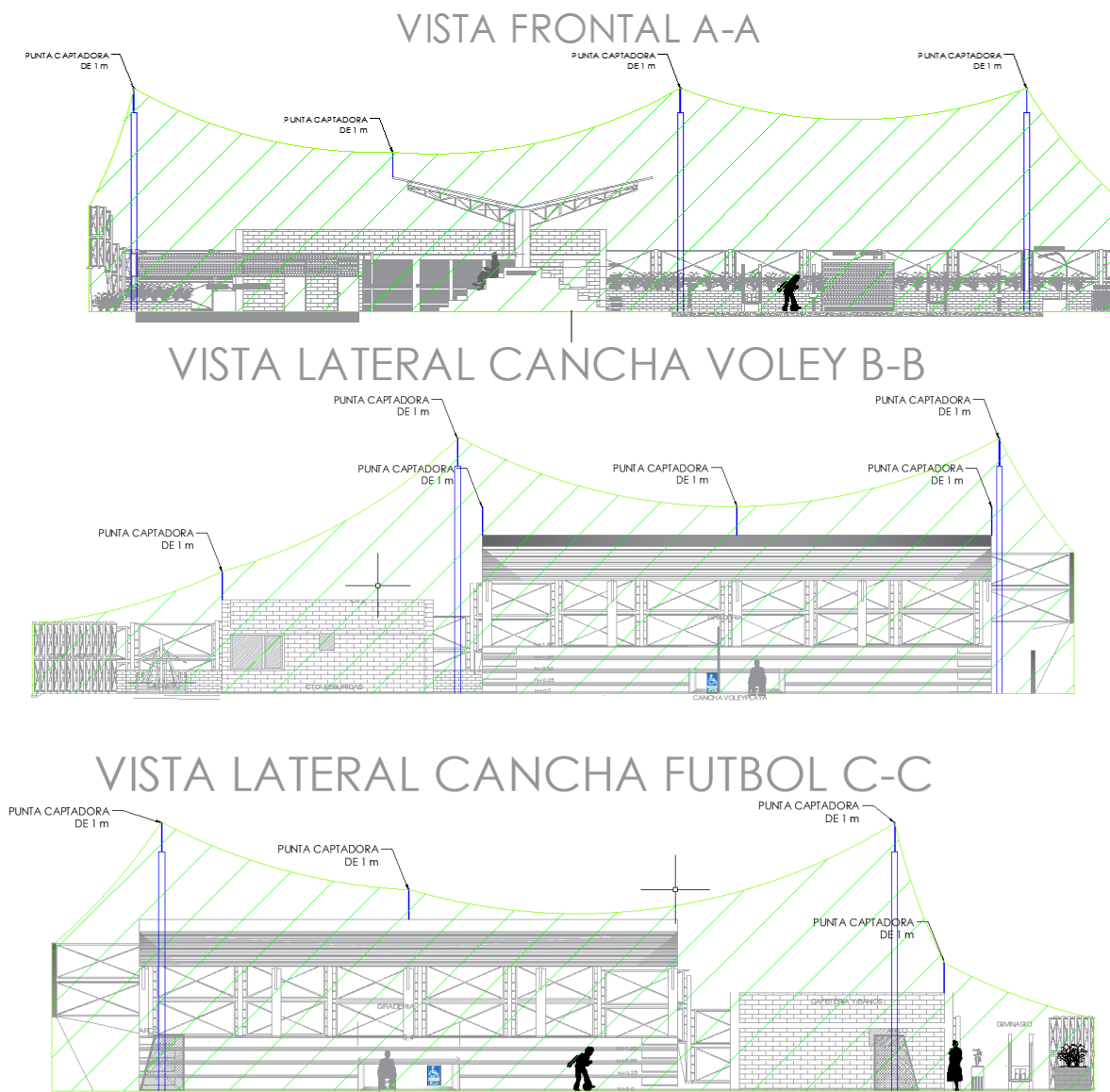


Ilustración 6. Vistas en corte

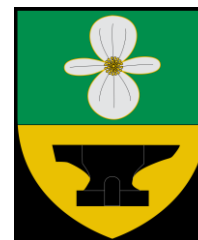
1.3.2. Diseño de Sistemas de Bajantes.

Los conductores bajantes, son el puente de unión entre el sistema de captación y el sistema de puesta a tierra. Su función principal, es llevar la corriente de rayo de forma segura a un medio donde pueda disiparla. En cuanto a su implementación, existe una cantidad mínima de conductores bajantes de acuerdo a la altura de la estructura y una distancia mínima de acuerdo al nivel de protección, motivo por el cual, es aconsejable ubicarlos en lados opuestos de la estructura para no concentrar

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



la corriente de rayo en un solo punto de la malla de puesta a tierra. En la siguiente tabla, se da a conocer la distancia típica promedio para los bajantes según el nivel de protección necesaria para la estructura, que, en este caso, corresponde a nivel II.

Tabla 11. Distancia típica promedio entre bajantes.

NIVEL DE PROTECCIÓN	DISTANCIA TÍPICA PROMEDIO [m]
Nivel I	10
Nivel II	10
Nivel III	15
Nivel IV	20

Para la estructura del presente proyecto, se trabajará con el Nivel II, con lo cual, la separación promedio para los conductores bajantes, será de 10, como se resalta en la tabla anterior, este valor es promedio y se predisponen las puntas de acuerdo a la forma de la estructura.

Una vez calculada la distancia de impacto, se procede a determinar gráficamente la altura mínima de los dispositivos de captación, empleando como metodología la técnica de la esfera rodante.

Todas las estructuras que la esfera imaginaria logre tocar estarán expuestas al impacto del rayo, motivo por el cual, el propósito del diseño del apantallamiento y de la ubicación de los terminales de captación, es garantizar que la esfera nunca toque en ningún punto a la estructura a proteger, sino al sistema de apantallamiento (varillas y conductores). Altura de los terminales de captación: 1.0 m.

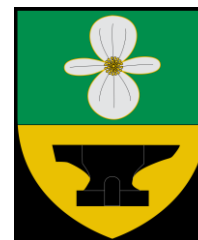
1.3.3. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRE TENSIONES.

Como complemento del sistema externo de protección contra rayos, se debe instalar un sistema de protección contra sobre tensiones, para lo que se recomienda instalar descargadores de sobre tensión en los tableros principales y secundarios, cumpliendo con los requisitos del Artículo 20. numeral 20.14 del RETIE. Para este caso, se tiene dispuesto en todos los tableros generales de acometidas, el uso de DPS's Clase II y el tablero general de distribución con el uso de un DPS clase I

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



según norma IEC61643-1; en onda 10/350 μ s para corrientes de rayo y en onda 8/20 μ s para corrientes por sobretensiones en la red.

Bajo el concepto de protección interna, se considera una serie de medidas encaminadas a reducir y evitar los efectos que producen las sobretensiones originadas por la descarga del rayo y los campos electromagnéticos asociados, así como las sobretensiones transmitidas por las líneas entrantes al edificio, ocasionadas por descargas en dichas líneas, procesos de conmutación en la red de alta tensión, maniobras red-grupo-red, arranque de motores, asociación de condensadores para regulación del factor de potencia, y elevación del potencial de la toma de tierra debido a descargas en las proximidades de la instalación (por ejemplo, en la línea de media tensión cercana al edificio).

1.3.4. Cálculo de Alta Concentración de Personas Según Norma NFPA 101.

Teniendo en cuenta las definiciones que se encuentran en la normatividad vigente, se observa que según el RETIE: *“ALTA CONCENTRACIÓN DE PERSONAS U OCUPACIÓN PARA REUNIONES PÚBLICAS es cuando se pueden concentrar 50 o más personas, según NFPA 101 (Código de seguridad humana) pero no limitado a este número, con el fin de desarrollar actividades tales como: trabajo, deliberaciones, comida, bebida, diversión, espera de transporte, culto, educación, salud o entretenimiento.”*

Por consiguiente, para el actual proyecto, al estar enfocado en concentrar espectadores y colaboradores y se considera que la instalación en un momento dado contará con las de 50 personas, se debe llevar a cabo el cálculo para las zonas críticas.

ahora, se usará la definición de la norma NFPA 101.

La carga de ocupantes en cualquier edificio, deberá ser como mínimo la cantidad de personas resultante de dividir el área de piso asignada para ese uso, entre el factor de carga de ocupantes para tal uso, como se especifica en el Código de seguridad humana NFPA 101, capítulo 7, tabla 7.3.1.2. La tabla se relaciona a continuación.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927

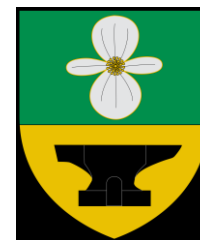


Tabla 12. Factor carga de ocupantes, retomada de la NFPA 101.

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

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

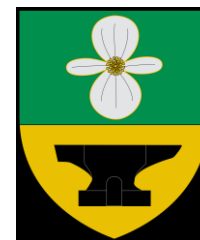
Para el presente, se tendrá en cuenta consideración presentada a continuación, donde se aclara que se tomará el dato de ocupación de industria para propósitos especiales.

Según el cálculo el área por persona en un momento dado será de mas de 1.4 metros cuadrados, se tendrán en cuenta todas las recomendaciones para un sitio de alta concentración de personas, tales como cables libres de halógenos, y canalizaciones cerradas en tubería EMT.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



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

Tabla 13 Matrices de factores de riesgo:

Por arcos eléctricos.
 Por ausencia de electricidad.
 Por contacto directo.
 Por contacto indirecto.
 Por corto circuito.
 Por electricidad estática.
 Por equipo defectuoso.
 Por rayos.
 Por sobrecarga.
 Por tensión de contacto.
 Por tensión de paso.

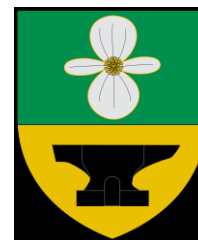
2.5.1 FACTOR DE RIESGO POR ARCOS ELÉCTRICOS.

RIESGO EVALUAR:		A	Lesiones o quemadura		Por	Arcos Eléctricos		(al) o (en)		Tableros eléctricos en baja tensión	
			EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE		
POTENCIAL		<div>x</div>	REAL			<div></div>	FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
						No ha ocurrido o en el sector	Ha ocurrido o en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces a mes en la Empresa	
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



Lesión menor (sin incapacidad) D2	Daños importantes Interrupción breve D2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Nivel de riesgo		Medidas de protección:							
BAJO		Se utilizarán equipos y accesorios certificados, cumpliendo con la normatividad vigente. El acceso a los tableros se entregará a personal cualificado, y solo se abrirá en caso de mantenimientos. Los empalmes y técnicas usadas estarán a cargo de personas debidamente capacitadas, conservando la respectiva calidad.							

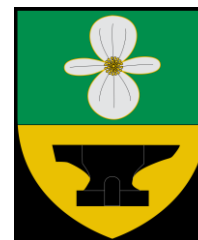
2.5.2 FACTOR DE RIESGO POR AUSENCIA DE ELECTRICIDAD.

RIESGO EVALUAR:		Pérdida en la continuidad del servicio		por	Ausencia de electricidad	de (al) (en)	o Instalaciones internas			
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE			
POTENCIAL		☒	REAL		☐	FRECUENCIA				
C O N S E C U E N C	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	Suced e varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces a mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacio nal	5	MEDI O	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDI O	MEDIO	MEDIO	MEDI O	ALTO

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



IAS	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad) D2	Daños importantes Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento o laboral)	Daños leves, No Interrupción D1	Sin efecto D1	Interna D1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Nivel de riesgo		Es para uso oficial.								
BAJO										

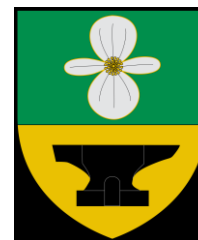
2.5.3 FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO DIRECTO.

RIESGO EVALUAR:	A	Quemaduras	Por	Contacto directo	(al) o	Tableros y accesorios eléctricos			
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE			
POTENCIAL		☒	REAL	☐	FRECUENCIA				
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	E	D	C	B	A
					No ha ocurrido o en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede e 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
	Incapacidad parcial	Daños mayores,	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



permanent e	salida de subestación								
Incapacida d temporal (> 1 día) E3	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminació n localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesión menor (sin incapacida d)	Daños importantes Interrupción breve E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDI O
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDI O
Nivel de riesgo BAJO		Instalación de sistema de puesta a tierra de baja resistencia, para realizar conexión de todos los dispositivos a esta, e instalación a cargo de personal idóneo.							

2.5.4 FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO INDIRECTO.

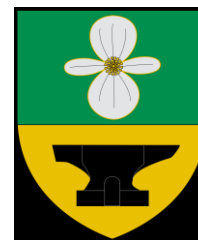
RIESGO EVALUAR:	A	Quemaduras		por	Contacto Indirecto		(al) o (en)		Tableros y accesorios eléctricos	
		EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE		
POTENCIAL					<div>X</div>	REAL		<div></div>	FRECUENCIA	
C O N S E C U E N C I	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
	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	MEDIO	ALTO

Calle 33 #27-27 Barrio Cervantes, Celular 3117776615

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



A S	Incapacida d temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminació n localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacida d) E2	Daños importantes Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Nivel de riesgo		Se realiza identificación de circuitos, se usa baja tensión, se cuenta con sistema de puesta a tierra sólida, se usan equipos debidamente certificados, se recomienda establecer distancias de seguridad.								
BAJO										

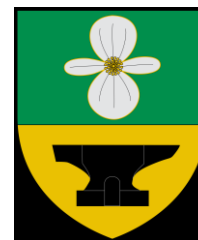
2.5.5 FACTOR DE RIESGO POR CORTOCIRCUITO.

RIESGO EVALUAR:	A	Incendio - Quemaduras		por	Cortocircuito		(al) o	Instalaciones internas								
		EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE								
POTENCIAL					☒	REAL					☐	FRECUENCIA				
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A						
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa						
	Una o 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	MEDIO	ALTO						
I A S	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO						

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



Lesión menor (sin incapacidad) D2	Daños importantes Interrupción breve. D2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto D1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Nivel de riesgo		Se dimensionan las protecciones y calibres de cable acorde a la carga a instalar, y según las corrientes de disparo, como protección para evitar calentamientos en el conductor.							
BAJO									

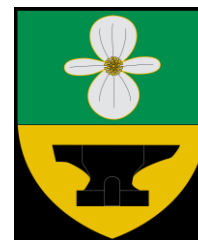
2.5.6 FACTOR DE RIESGO POR ELECTRICIDAD ESTÁTICA.

RIESGO EVALUAR:		Lesiones y daños en equipos por Electricidad estática (al) o Tableros y equipos eléctricos (en)								
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE				
POTENCIAL		X		REAL		FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E No ha ocurrido en el sector	D Ha ocurrido en el sector	C Ha ocurrido en la Empresa	B Sucede varias veces al año en la Empresa	A Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	ME DIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	ME DIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin	Daños importantes	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



incapacida d)	Interrupción breve.									
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral) E1	Daños leves, No Interrupción E1	Sin E1	efecto	Interna E1	1	MU Y BAJ O	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Nivel de riesgo		Sistema de puesta a tierra física y sólida, con baja resistencia equipotencializada y conexión de todos los dispositivos a esta.								
BAJO										

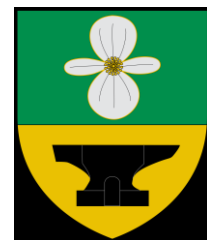
2.5.7 FACTOR DE RIESGO POR EQUIPO DEFECTUOSO.

RIESGO EVALUAR:		A	Lesiones - Incendio		por	Equipo defectuoso		(al) o Instalaciones	(en) internas	
			EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)				FUENTE	
POTENCIAL		<div>X</div>	REAL		<div></div>	FRECUENCIA				
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o 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	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Nivel de riesgo	Todos los elementos instalados, son nuevos y certificados, además de que, la construcción a realizar se encuentra ceñida a la normatividad existente.								
BAJO	Se utilizarán las técnicas acordes a la normatividad vigente, con acompañamiento de personal debidamente capacitado.								

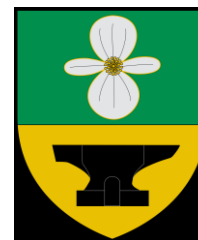
2.5.8 FACTOR DE RIESGO POR RAYOS.

RIESGO A EVALUAR:		Lesiones - equipos dañados		por		Rayos		(al) o Instalaciones		(en) internas	
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE					
POTENCIAL		<div>X</div>		REAL		<div></div>		FRECUENCIA			
C N E U N I S	O S C E C A	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	MEDIO	ALTO
		Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
		Lesión menor (sin incapacidad) D2	Daños importantes Interrupción breve. D2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto D1	Interna D1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Nivel de riesgo	Se cuenta con sistema de protección a tierra solido de baja resistencia.								
BAJO	Existencia de edificaciones de mayor altura en sus linderos y zonas cercanas.								

2.5.9 FACTOR DE RIESGO POR SOBRECARGA.

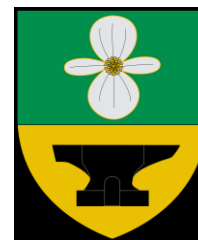
RIESGO A EVALUAR:		Incendios quemaduras por Sobrecarga				(al) o Instalaciones internas (en)										
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE										
POTENCIAL					<div>X</div>	REAL					<div></div>	FRECUENCIA				
C N E U N I D A D E S	O S C E C A	En personas	Económicas	Ambientales	En la 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	MEDIO	ALTO					
		Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal E3	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO					
		Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes Interrupción breve.	Efecto menor E2	Local E2	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO					
		Molestia funcional		Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO					

Calle 33 #27-27 Barrio Cervantes, Celular 3117776615

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



(afecta rendimiento laboral) E1	Daños leves, No Interrupción								
Nivel de riesgo		Se dimensionan los tableros, conductores y calibres, dependiendo de la carga solicitada, conservando las respectivas reservas para futuras ampliaciones.							
BAJO									

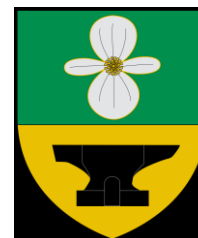
2.5.10 FACTOR DE RIESGO POR TENSIÓN DE CONTACTO.

RIESGO EVALUAR:		Lesiones o quemaduras		por		Tensión de contacto		(al) o (en)		Instalaciones internas						
		EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE								
POTENCIAL						REAL						FRECUECIA				
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A						
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	No ha ocurrido o en el sector	Ha ocurrido o en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa						
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	No ha ocurrido o en el sector	Ha ocurrido o en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa						
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	No ha ocurrido o en el sector	Ha ocurrido o en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa						
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	No ha ocurrido o en el sector	Ha ocurrido o en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa						
	Molestia funcional (afecta	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna E1	1	No ha ocurrido o en el sector	Ha ocurrido o en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa						

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



rendimiento laboral)									
Nivel de riesgo	Existencia de sistema de puesta a tierra física de baja resistencia.								
BAJO	Se cuenta con equipotencialización.								
	Barraje para conexión de todos los circuitos y sus correspondientes dispositivos.								

2.5.11 FACTOR DE RIESGO POR TENSIÓN DE PASO.

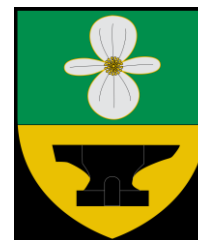
RIESGO EVALUAR:		A		Lesiones		por		Tensión de paso		(al) o (en)		Instalaciones internas	
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUENTE		(CAUSA)					
POTENCIAL						X		REAL		REAL		FRECUENCIA	
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A			
						No ha ocurrido o en el sector	Ha ocurrido o 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	MEDIO	ALTO			
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO			
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO			
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO			
Nivel de riesgo		Existencia de sistema de puesta a tierra física de baja resistencia											
BAJO		Se cuenta con equipotencialización de tierras.											

Calle 33 #27-27 Barrio Cervantes, Celular 3117776615

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



	Se tiene barraje en tableros para la conexión de dichos circuitos y equipos a tierra.
--	---

2.6 ANÁLISIS DEL NIVEL TENSIÓN REQUERIDO.

Se cuenta con un transformador de la empresa de energía CHEC que alimenta una red de distribución bifásica a 240/120V, del cual se conectará el sistema en poste cercano en gabinete de medidor.

2.7 CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA ASEGURAR QUE, EN ESPACIOS DESTINADOS A ACTIVIDADES RUTINARIAS DE LOS OPERARIOS DE LA CASA CURAL, NO SE SUPEREN LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN DEFINIDOS EN LA TABLA 14.1 DEL RETIE.

Como lo establece el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE en su artículo 14.4, se deben realizar estudios y cálculos de campos electromagnéticos cuando se diseñan líneas o subestaciones de tensión superior a 57.5 kV, hecho que no ocurre en el presente diseño.

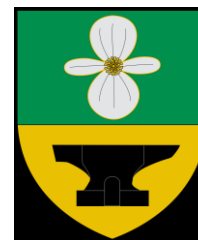
En lo referente a este proyecto, se debe considerar la influencia de campos electromagnéticos si las personas tienen exposición de ocho (8) horas o más a los valores de intensidad establecidos en la tabla 14.1 del RETIE.

Las razones por las que este cálculo no aplica para el presente trabajo son las siguientes:

- No hay probabilidad de que, en la edificación, exista exposición de personas por más de ocho (8) horas a intensidades de campo peligrosas.
- No hay posibilidad de que, en la construcción, se presenten densidades de flujo magnético mayores a mil micro teslas e intensidades de campo eléctrico mayores a 8.3 kV/m.
- Finalmente, la instalación eléctrica en cuestión es menor a 57.5 kV.

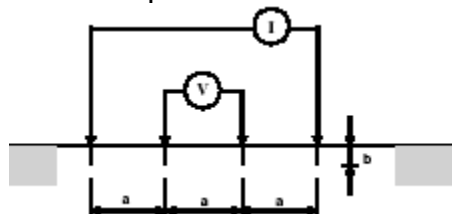
2.8 CÁLCULO DE TRANSFORMADORES, INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA.

El transformador ya está instalado, el alcance de este diseño solo va desde bornes de baja tensión de medidor hasta las redes internas.



2.9 CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Para realizar la medición de la resistividad del terreno se utilizó el método de Wenner, el cual está referenciado en la norma IEEE 80 y 81. En la Figura se expone la disposición del montaje utilizado para su medición.



La ecuación exacta para el cálculo de la resistividad es la siguiente:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{(a^2 + 4b^2)}} - \frac{a}{\sqrt{(a^2 + b^2)}}}$$

Dónde:

ρ : Resistividad aparente en $\Omega \cdot m$

a : Distancia entre electrodos en metros

b : Profundidad del electrodo en metros

R : Valor de resistencia obtenido en la medición con el telurómetro

Si $a > 20b$ la expresión anterior se puede aproximar a:

$$\rho = 2\pi a R \quad (\text{Con } a \text{ en m})$$

$$\rho = 195,1aR \quad (\text{Con } a \text{ en pies})$$

Se tomaron medidas utilizando el método de Wenner para profundidades de exploración de 1m, 2m, 3m, 4m, 5m y 6m.

El equipo utilizado permite leer directamente el dato de resistividad en el Display previa parametrización del valor de separación “a” entre electrodos.

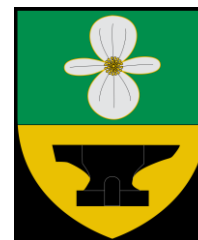
A continuación, se relacionan los valores medidos y la resistividad promedio en el sitio en donde se construirá la malla.

INTERPRETACIÓN DE MEDIDAS

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



Luego de realizar la medida, se debe ejecutar una etapa de interpretación y análisis de datos, los métodos para realizar dicha interpretación pueden llegar a ser realmente complejos, y la implementación de una u otra metodología depende de algunos factores a saber:

- Precisión de las mediciones
- Método empleado para las mediciones
- Complejidad de las matemáticas involucradas
- El propósito de las medidas.

El objetivo es obtener un modelo de suelo que sea una buena aproximación del suelo real. Se debe tener presente que los resultados obtenidos son una aproximación del suelo real, ya que la resistividad aparente de un terreno depende de muchos factores geológicos e inclusive factores meteorológicos.

Dependiendo de las variaciones en las medidas obtenidas, se pueden clasificar dos casos de estudio de suelos: homogéneos y no homogéneos. El primer caso de estudio solo puede ser usado para poder obtener resultados confiables y precisos, cuando hay una mínima variación de la medida de resistividad. El caso de suelo no homogéneo implica emplear métodos multicapa para variaciones notables en las medidas, o si las variaciones en la resistividad no son muy altas se pueden implementar modelos para simular un terreno homogéneo a partir de datos de suelo no homogéneo.

CASO DE SUELO HOMOGÉNEO

En el caso de contar con medidas de resistividad sin variaciones significativas, y cuando existen limitaciones para realizar algunos cálculos, es posible emplear como una primera aproximación, un valor promedio aritmético de la resistividad medida según la siguiente ecuación:

$$\rho_{a(prom)} = \frac{\rho_{a(1)} + \rho_{a(2)} + \rho_{a(3)} + \dots + \rho_{a(n)}}{n}$$

Dónde:

$$(1) + (2) + \rho_{a(3)} + \dots + \rho_{a(n)} =$$

Son las medidas de resistividad aparente obtenidas a diferentes espaciamientos en el método de los cuatro electrodos, n es el número total de medidas.

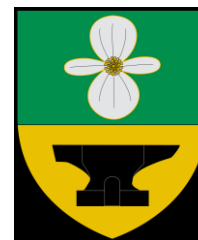
Mediciones realizadas en el sitio donde se construirá la malla.

CASO DE SUELO NO HOMOGÉNEO MODELO DE BOX COX

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



En el caso cuando las medidas de resistividad no tienen variaciones significativas, se puede emplear el modelo Box Cox, el cual a partir de mediciones que suponen un suelo no homogéneo, modela un terreno homogéneo.

El modelo de Box Cox es un modelo probabilístico, en el cual, se calcula un valor de resistividad con una probabilidad del 70% de no ser superado.

A partir de los n datos de resistividad medidos en terreno y aplicando el tratamiento estadístico correspondiente se obtienen los siguientes datos:

MEDIDA DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO											
ESTRUCTURA											
DISTANCIA	MEDIDA	MEDIDO	1	2 π LAR [Ω /m]	2 π LAR [Ω /m]	2 π LAR [Ω /m]	X=ln p	promedio	desviacion	z 70%	p
1	PRIMERA MEDIDA	62,4	9,93	62,40	62,40	62,40	4,1336	4,13355417	1,654E-07	0,5244	62,4
2	SEGUNDA MEDIDA	41,9	3,33	41,90	41,90	41,90	3,7353	3,73527453	5E-16	0,5244	41,9
3	TERCER MEDIDA	40,5	2,15	40,50	40,50	40,50	3,7013	3,70129067	5E-16	1,5244	40,5
										Prom	48,3

La resistividad del terreno en el sitio donde se construirá la malla, con una probabilidad del 70% de no ser superada es:

$\rho = 48.3 \Omega m$.

2.9.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

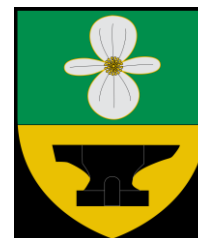
Los sistemas de puesta a tierra deben garantizar la protección de las personas, por esta razón, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE 2013, dedica un capítulo a este importante componente. La tabla 15.4, referencia una resistencia de 10 ohmios para sistemas de puesta a tierra en subestaciones de media tensión.

Con base en el estándar IEEE 80, se procede a realizar el diseño de la malla de puesta a tierra para el sistema eléctrico de la cabaña.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



Corriente de falla simetrica trifasica

$I_{\phi} =$

5,68 KA

Resistividad a 3 m

$\rho =$

48,30 $\Omega \cdot m$

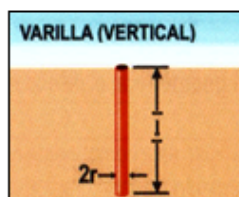
1.2 SELECCIÓN DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA

NORMA LA 400

Cuando la resistividad del terreno sea menor a $63 \Omega \cdot m$ solo se necesita enterrar una varilla como electrodo de puesta a tierra para cumplir con los requisitos de resistencia a tierra; para terrenos con resistividades hasta de $110 \Omega \cdot m$ se debe colocar dos v

Se utiliza como electrodo de puesta a tierra una varilla cobrizada de 5/8" x 2,4 m, con su respectivo conector y como medio de conexión hasta tierra se utiliza alambre de cobre o cobrizado (copperweld) No.8 AWG.

1.3 CALCULO DE LA RESISTENCIA ELECTRICA



$$R = \left(\frac{\rho}{2 \pi L} \right) \left(\ln \frac{4L}{r} - 1 \right)$$

Resistividad del terreno

$\rho =$ 48,3 $\Omega \cdot m$

Longitud de la varilla

$L =$ 2,4 en metros

Radio de la varilla

$r =$ 0,00794 en metros

Diametro (in)	Diametro (m)	Radio (m)
5 / 8	0,01588	0,00794

Resistencia de puesta a tierra

19,531 Ω

Si no cumple cambiar la configuracion

Cumpliendo con la tabla 15.4 del RETIE

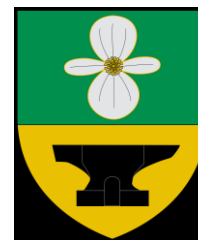
APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Punto neutro de acometida en baja tensión.	25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

Tabla 15.4. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

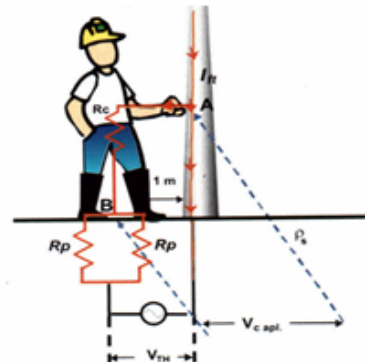
Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



1.4 CALCULO DE LA TENSION DE CONTACTO

$$V_{TH} = GPR - \left(\frac{\rho I_g}{2\pi x} \right)$$



Corriente de falla monofásica simétrica en el primario (A)
Resistencia de puesta a tierra
Resistividad del terreno
Distancia al punto de falla

$I_o =$ 5,68
 $R =$ 19,5
 $\rho =$ 48,3
 $x =$ 1 m

Corriente de falla asimétrica $I_o * 1,8$ $I_g =$ 10,22
Máximo potencial de tierra $I_g * R$ $GPR =$ 110,9

$V_{TH} =$ 32,3 V

Tensión de contacto $V_c =$ 30,16

Tensión de contacto colocando una capa de polietileno encima del electrodo

$V_c = V_{th}/7.5$ 4 v

Cumpliendo con los valores establecidos por el RETIE

Tiempo de despeje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEC para 95% de la población. (Público en general)	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEEE para personas de 50 kg (Ocupacional)
Mayor a dos segundos	50 voltios	82 voltios
Un segundo	55 voltios	116 voltios
700 milisegundos	70 voltios	138 voltios
500 milisegundos	80 voltios	164 voltios
400 milisegundos	130 voltios	183 voltios
300 milisegundos	200 voltios	211 voltios
200 milisegundos	270 voltios	259 voltios
150 milisegundos	300 voltios	299 voltios
100 milisegundos	320 voltios	366 voltios
50 milisegundos	345 voltios	518 voltios

Tabla 15.1. Máxima tensión de contacto admisible para un ser humano

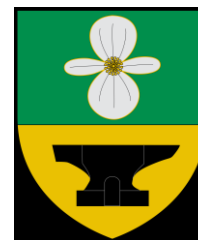
Ilustración 7 Diseño de puesta a tierra.

Calle 33 #27-27 Barrio Cervantes, Celular 3117776615

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



Como se puede apreciar en los cálculos y valores presentados, la resistividad esperada de la malla es menor a 25Ω como lo exige el RETIE. También, se puede confirmar que los valores de las tensiones de paso y contacto son menores al GPR calculado, lo cual hace que la operatividad de la puesta a tierra sea óptima.

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes 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

Tabla 15.4. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

Nota: Sin embargo se ubica una varilla adicional de apoyo en la malla principal de acuerdo a lo presentado en el Plano 4 de 5 anexo, así mismo se instalará otra varilla adicional en el neutro del gabinete de medida.

2.10 CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA LA TOTALIDAD DE LOS FACTORES.

Los cuadros de cargas presentados a continuación incluyen los cálculos de demanda, selección de protecciones, selección de conductores, cálculos de ductos, cálculos de regulación, de pérdidas, de cortocircuito, y cálculo económico de conductores requeridos por el RETIE, para el diseño de instalaciones eléctricas en baja tensión. Se anexan dichos cuadros al final para una mejor visualización.

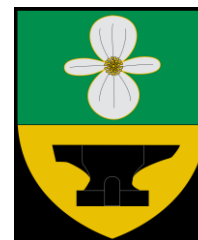
Según la normatividad vigente, el cálculo económico de conductores en redes de baja tensión no es de carácter estricto.

En el diseño solo instaló cable Calibre 12AWG en circuitos ramales.

La acometida principal en Calibre 4 AWG sigue los lineamientos de regulación, capacidad de corriente y requerimientos mínimos del operador de red.

2.10.1 Cálculo de Demanda y Acometida.

El cálculo de la demanda y de la acometida se presenta en el plano 3 de 6 de los planos anexos.



2.11 VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA EL TIEMPO DE DISPARO DE LOS INTERRUPTORES, LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DE LA RED Y LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CONDUCTOR, DE ACUERDO CON LA NORMA IEC 60909, IEEE 242, CAPÍTULO 9 EQUIVALENTE.

Luego de realizar la verificación de los conductores, se concluye que los conductores seleccionados, cumplen con los tiempos de disparo de las protecciones elegidas, la corriente de cortocircuito del nodo y la capacidad de corriente del conductor para cada uno de los tableros de distribución y sus respectivos alimentadores.

Según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, este literal se debe desarrollar teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60947-2.

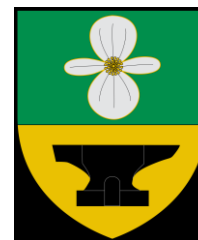
Teniendo en cuenta lo anterior, en los cuadros de carga anexos, se realizan las siguientes verificaciones:

- Selección de conductores por corriente admisible: La verificación de la selección de los conductores por corriente admisible, se basa en la premisa $I_p < I_c$, lo cual quiere decir que la corriente que se pronostica que va a circular por el conductor, debe ser menor que la corriente máxima admisible del cable. En la siguiente tabla, se realiza un resumen de los conductores que se han empleado en el diseño.
- Verificación por corriente de cortocircuito admisible: Se toma en cuenta la máxima corriente de corto circuito del transformador.
- Verificación de caída de tensión: Se realiza la verificación de que la caída de tensión no supere el valor permitido de **3%**, medido en bornes del lado de baja del transformador, con el fin de que al incluir la red de distribución se tenga una regulación no mayor al **5%**.
- Verificación por corriente de sobrecarga: En esta verificación, resulta importante contemplar que la corriente más alta posible en el sistema diseñado, no supere el **145%** de la capacidad de corriente de los cables, para asegurar una adecuada coordinación de protecciones (Ver capítulo coordinación de protecciones). Ningún conductor, supera la capacidad nominal de corriente establecida por la norma.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



- Selección y calibración de interruptores y sus protecciones, previendo selectividad: Esta verificación se puede revisar en el capítulo de coordinación de protecciones.

2.12 CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECIÓN DE EQUIPOS.

No aplica, puesto que el diseño no contempla red de distribución ni en baja ni alta tensión, se instalará desde el medidor de manera subterránea a las redes internas.

2.13 CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTE. EN BAJA TENSIÓN, SE PERMITE LA COORDINACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE DE LOS DISPOSITIVOS SEGÚN IEC 60947-2.

Se realiza la verificación de selectividad, según criterios del IEEE Std 242-2001 para estudios de coordinación en baja tensión. A continuación, se presenta la verificación. En el anexo enviado al operador de red, se presenta el estudio de coordinación de protecciones para media tensión.

Se muestran las curvas para el interruptor principal de 2x50A, protección de cada tablero de distribución y de operaciones del sistema.

Sumado a esto, se presenta el diagrama unifilar con las corrientes de cortocircuito de todo el sistema.

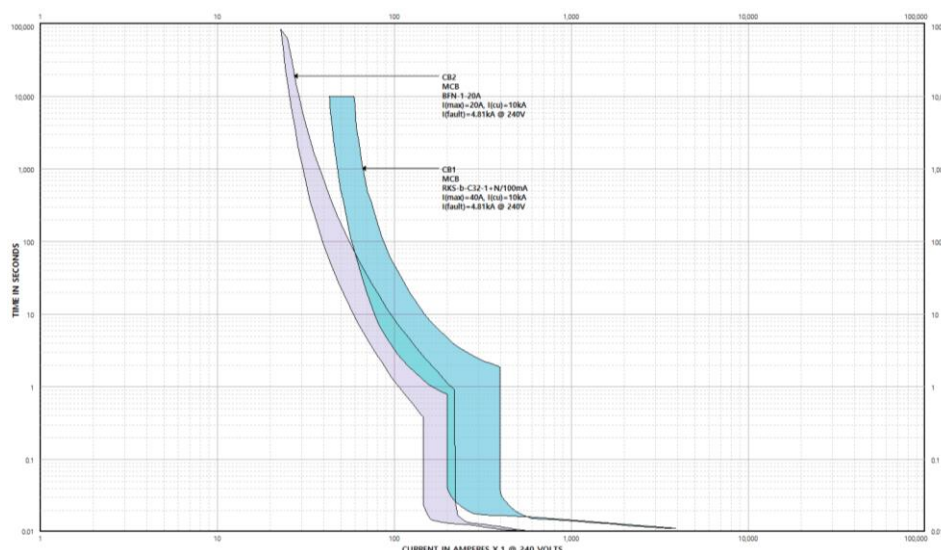
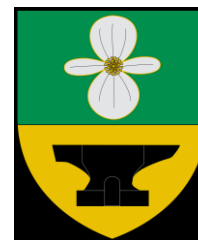


Ilustración 8 Curva de coordinación de protecciones.



2.14 CÁLCULOS DE CANALIZACIONES (TUBO, DUCTOS, CANALETAS Y ELECTRODUCTOS) Y VOLUMEN DE ENCERRAMIENTOS (CAJAS, TABLEROS, CONDULETAS, ETC.)

Según la tabla 9 de la NTC 2050 y para los calibres presentados, se tendrán las siguientes canalizaciones:

Las canalizaciones, estarán especificadas en los cuadros de carga de los correspondientes tableros, y se dará cumplimiento al porcentaje de ocupación.

Se analizará el punto del cable de mayor calibre el cual es la acometida principal de la instalación:

Tabla 14 Cantidad de cables instalados.

CANTIDAD DE CABLES			
CANTIDAD	CALIBRE	AREA mm2	AREA CALCULADA mm2
	UTP	29,2	
	#12	22,8	
	#10	28,2	
1	#8	53,9	53,8700
	#6	67,2	
3	#4	86,0	258,0000
	#3	98,1	
	#2	112,9	
	#1	172	
	1/0	196	
	2/0	226	
	3/0	263	
	4/0	307	
AREA TOTAL			311,87

Se realiza el cálculo de ocupación para diferentes referencias de canalización.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927

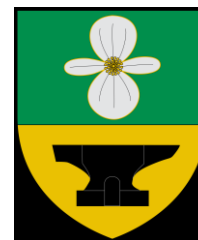


Tabla 15 Capacidades de llenado.

PVC			
DIÁMETR O DE DUCTOS	DIÁMETR O INTERNO mm2 (1)	ÁREA TOTAL INTERNA mm2	% DE OCUPACIÓN DE DUCTO
1/2"	15,3	183,85	169,6%
3/4"	20,4	326,85	95,4%
1"	26,1	535,02	58,3%
1 1/4"	34,5	934,82	33,4%
1 1/2"	40,4	1281,90	24,3%
2"	52	2123,72	14,7%
2 1/2"	62,1	3028,82	10,3%
3"	77,3	4692,99	6,6%
3 1/2"	89,4	6277,20	5,0%

En el presente se utilizará tubería de 1 ½" PVC para el enterramiento.

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

Los cuadros de cargas presentan el plano 3 de 6 en los planos adjuntos en el proyecto.

2.16 CÁLCULOS DE REGULACIÓN.

Los cuadros de cargas presentan el cálculo de regulación para los circuitos ramales y para la acometida principal, se presentan en el plano 3 de 6 adjuntos en el proyecto.

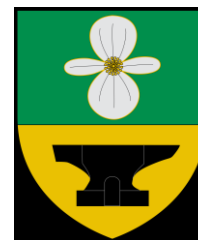
2.16.1 Clasificación de Áreas.

La clasificación de este proyecto No contempla ningún área que se catalogue como especial, y con la cual se deban tener consideraciones de diseño específicas. Se indica la característica general de los elementos a instalar en cada espacio, reiterando que no existe ningún área especial.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



2.17 ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS UNIFILARES.

En planos anexos, se presenta el diagrama unifilar general con mayor detalle, ver el plano anexo 3 de 6 de los planos anexos.

2.18 ELABORACIÓN DE PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN.

Se presentan en los planos anexos.

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

Se presentan planos anexos y las memorias de cálculo correspondientes en este documento.

2.20 ESTABLECIMIENTO DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD REQUERIDAS.

2.20.1 Distancias de Seguridad en Tableros de Distribución.

La instalación de los tableros de distribución en cada uno de los espacios destinados para tal fin deberá cumplir las distancias definidas por el RETIE, en cuanto a espacio libre en los costados, parte inferior y frente del tablero.

Las distancias mínimas de seguridad que deben guardar las partes energizadas respecto de las construcciones son las establecidas en la Tabla 13.1 del reglamento mencionado, y para su interpretación, se debe tener en cuenta la Figura 13.1 del RETIE.

Adicionalmente, apoyados de la tabla 13.7 del RETIE, se garantizan las distancias de seguridad para los niveles de corriente alterna utilizados en la instalación.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927

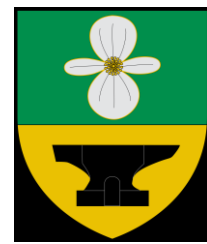


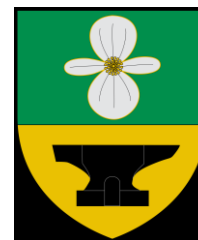
Tabla 16 Distancias de seguridad, de acuerdo con el nivel de tensión.

Tension nominal del sistema (Fase-Fase)	Limite de aproximación seguro		Límite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos	Límite de aproximación técnica	Cumple Si/No	Observación
	Parte movil expuesta	Parte Fija expuesta				
50 V - 300V	3	1	Evitar contacto	Evitar contacto	Si	No hay partes expuestas y en todo el trayecto de baja tensión los elementos estan aislado para evitar contactos
751V - 15kV	3	1,5	0,7	0,2	Si	Las partes expuestas se encuentran aereas y estan muy por encima de las distancias requerias, por lo tanto es seguro.

Las unidades se expresan en metros, y se aclara que se respetan las distancias de seguridad requeridas, acotando que no se toman en cuenta las redes subterráneas, ya que no representan ningún tipo de riesgo para tener un contacto directo.

2.21 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE DESVIACIÓN DE LA NTC 2050 CUANDO SEA PERMITIDO, SIEMPRE Y CUANDO NO COMPROMETA LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS O DE LA INSTALACIÓN.

No se realizaron desviaciones técnicas de la NTC 2050.



3 SELECCIÓN DE LA MEDIDA SEGÚN CREG 038.

3.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE PUNTO DE MEDICIÓN.

Para la selección del punto de medida, será usada la siguiente tabla.

Tabla 17 Selección según el tipo de medición.

Tipo de puntos medición	Consumo o transferencia de energía, C, (MWh-mes)	Capacidad Instalada, CI (MVA)
1	$C \geq 15000$	$CI \geq 30$
2	$15000 > C \geq 500$	$30 > CI \geq 1$
3	$500 > C \geq 50$	$1 > CI \geq 0.1$
4	$50 > C \geq 5$	$0.1 > CI \geq 0.01$
5	$C < 5$	$CI < 0.01$

El tipo de punto de medición para el nivel de potencia instalado es del tipo 5.

3.2 SELECCIÓN DE LA EXACTITUD DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.

Para la selección de la exactitud de los elementos del sistema de medición, se toma de base la siguiente tabla.

Tabla 18 Selección de exactitud de los elementos de medida.

Tipo de puntos medición	Índice de clase para medidores de energía activa	Índice de clase para medidores de energía reactiva	Clase de exactitud para transformadores de corriente	Clase de exactitud para transformadores de tensión
1	0.2 S	2	0.2 S	0.2
2 y 3	0.5 S	2	0.5 S	0.5
4	1	2	0.5	0.5
5	1 ó 2	2 ó 3	--	--

3.3 CLASIFICACIÓN DEL MEDIDOR DE ENERGÍA.

Los medidores de energía se pueden clasificar de acuerdo con la siguiente tabla:

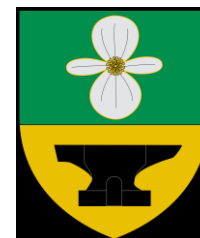


Tabla 19 Selección de tipo de medidor.

Clasificación	Descripción
Básicos	Medidores de energía sencillos, sin dispositivos internos de control de carga o tarifa; con o sin salida de impulso; con o sin puerto de comunicación óptico
Multienenergía	Medidores que, en una única carcasa, miden más de un tipo de energía, con o sin salida de impulso; con o sin puerto de comunicación óptico
Multifunción	Medidores básicos o de multienenergía, que incluyen funciones adicionales a las metrológicas básicas, tales como registro de demanda máxima, registro de tiempo de uso, dispositivo de control de tarifa y/o carga, como un interruptor horario o un receptor de telemando centralizado
Medidores con funciones adicionales	Medidores con otras unidades funcionales como PLC, comunicación telefónica o por radio, lectores de bonos de pago, etc...

Se selecciona un medidor multifunción, porque ofrece una mayor gama de posibilidades.

3.4 SELECCIÓN DEL MEDIDOR DE ENERGÍA.

Se tomará de referencia para la selección del medidor. la siguiente tabla de la NTC 5019.

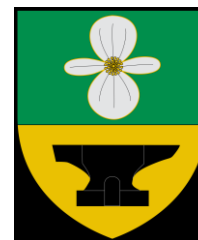
Tabla 20 Selección de tipo de medida.

Tipo de medición	Tipo de servicio	Capacidad Instalada (CI) en Kva	Descripción del medidor ^{1) 2)}				
			Medidor	Energía ³⁾	Clasificación ⁴⁾	Clase ⁵⁾	
						Electromecánico	Estático ⁶⁾
Directa	Monofásico bifilar	≤ 12	Monofásico Bifilar	Activa	Básico	2	1
	Monofásico trifilar	≤ 24	Monofásico trifilar o Bifásico trifilar	Activa	Básico	2	1
				Activa y Reactiva	Multienenergía	--	1 2
	Bifásico trifilar	≤ 24	Bifásico trifilar	Activa	Básico	2	1
				Activa y Reactiva	Multienenergía	--	1 2
	Trifásico tetrafilar	≤ 36	Trifásico tetrafilar	Activa	Básico	2	1
Semi-directa	Monofásico trifilar	> 24	Monofásico trifilar o Trifásico trifilar	Activa y Reactiva	Multienenergía	--	1 2
				Activa y Reactiva	Multifunción	--	1 2
	Trifásico tetrafilar	> 36	Trifásico tetrafilar	Activa y Reactiva	Multifunción	--	1 ó 0,5S ¹⁰⁾ 2
				Activa y Reactiva	Multifunción	--	0,5S 2
Indirecta	Trifásico trifilar	> 112.5	Trifásico trifilar ⁷⁾ ó	Activa y Reactiva	Multifunción	--	0,5S 2
			Trifásico tetrafilar ⁸⁾	Activa y Reactiva	Multifunción	--	0,2S 2
			Trifásico tetrafilar ⁹⁾	Activa y Reactiva	Multifunción	--	0,2S 2

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



Se usará un sistema de medida directa bifásico trifilar, para energía activa básico, clase 2.

Tabla 21 Características eléctricas del tipo de medidor.

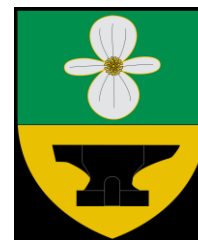
Tipo de medición	Medidor de energía	Características del medidor										
		No. F	No. H	No. E	V_r (V) ¹⁾	Fr (Hz)	I_b (A)		²⁾ I_n (A)	³⁾ I_{max} (A)	CM (%)	
							Medidor electromecánico	Medidor estático			Medidor electromecánico	Medidor estático
Directa	Activa, monofásico bifilar	1	2	1	120	60	≤ 15	≤ 10	-	≥ 60	≥ 400	≥ 600
	Activa, monofásico trifilar	1	3	1½	240							
	Activa, bifásico trifilar	2	3	2	2x120/208		≤ 30					
	Reactiva y/o activa, trifásico tetrafilar	3	4	3	3x120/208							
Semi-directa	Activa, monofásico trifilar	1	3	1½	240		-	-	5	≥ 6	-	-
	Activa y/o reactiva, trifásico trifilar	3	3	2	3x120							
	Activa y/o reactiva, trifásico tetrafilar	3	4	3	3x120/208							
Indirecta	Activa y/o reactiva, trifásico trifilar	3	3	2	3x120							
	Activa y/o reactiva, trifásico tetrafilar	3	4	3	3x69,2/120							
CONVENCIONES												
No. F	Número de fases	No. H	Número de hilos	No. E	Número de elementos	V_r	Tensión de referencia					
F_r	Frecuencia de referencia	I_b	Corriente básica	I_n	Corriente nominal	I_{max}	Corriente máxima					
CM	Cargabilidad del medidor											

El sistema, será de 3x120/208 Voltios, y tendrá una corriente en el secundario de 100(10) amperios a 60Hz.

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

Ingeniero Electricista

Matricula Profesional No. CL205-101927



4. REFERENCIAS TÉCNICAS.

- Código Eléctrico Colombiano – NTC 2050 – 1997.
- ICONTEC, Protección Contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos). Parte 1: Principios Generales NTC 4552-1, vol. Primera Ac, no. 571, p. 45, 2008.
- RETIE 2013. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas
- NFPA 70: National Electrical Code – NEC 2014.
- Norma IEEE 80 – 2013.
- Norma IEC 60364 – Diseño de Instalaciones Eléctricas.
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE 2013.
- Torres-Sánchez, Horacio. (2002). El rayo: mitos, leyendas, ciencias y tecnología. Universidad Nacional de Colombia – Facultad de Ingeniería.

Juan Esteban Hoyos Rosero

Ingeniero Electricista

JUAN ESTEBAN HOYOS ROSERO

MAT. CL 205-101927