



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS ELÉCTRICOS BAJO  
LA NORMATIVA RETIE EN INSTALACIONES ESPECIALES Y  
RESIDENCIALES.**

Autor(es)  
**PEDRO ALEJANDRO ALZATE RESTREPO**

Universidad de Antioquia  
Facultad de ingeniería  
Medellin, Colombia  
2019



**DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS ELÉCTRICOS BAJO LA NORMATIVA  
RETIE EN INSTALACIONES ESPECIALES Y RESIDENCIALES.**

Pedro Alejandro Alzate Restrepo

Informe final de prácticas académicas presentado como requisito parcial para optar al título

de:

Ingeniero electricista

Asesores (a):

Jorge Luis San Martín Restrepo

Duvan Fernando Morales Castaño

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería.

Medellín, Colombia

2019

## Contenido

1	Anexos .....	7
2	Resumen.....	8
3	Introducción .....	10
4	Objetivos.....	12
	4.1.1 Objetivo general:.....	12
	4.1.2 Objetivos específicos: .....	12
5	Marco Teórico:.....	13
5.1	Instalación eléctrica de uso final .....	13
	5.1.1 Instalaciones especiales .....	16
5.2	NTC 2050.....	16
	5.2.1 Sección 547 de la NTC 2050 .....	16
5.3	Sistema domótico .....	17
	5.3.1 Topología BUS .....	17
5.4	SISTEMAS DE MEDICIÓN .....	18
	5.4.1 MEDIDA CONCENTRADA .....	19
	5.4.2 MEDIDA DISTRIBUIDA .....	19
5.5	ANÁLISIS DE RIESGO POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS .....	20
	5.5.1 EVALUACIÓN DEL RIESGO .....	21
	5.5.2 DATOS INICIALES PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO .....	22
	5.5.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.....	22
6	Metodología .....	26
6.1	Planeación de estudios y de diseños, donde conjuntamente se realiza un barrido de la información suministrada por el cliente.....	27
6.2	Verificación con el ingeniero de la empresa para determinar si los diseños fueron realizados de manera correcta o si es necesario realizar ajustes.....	27
6.3	Teniendo el visto bueno por parte de la empresa, se envían a la interventoría para proceder con la aprobación. ....	27
6.4	Teniendo la aprobación, se comienza con la ejecución de los proyectos. ....	27
6.5	Se deben hacer visitas periódicas a ambos proyectos, para ir actualizando las cantidades de obra.....	27
6.6	Al finalizar, ambos proyectos se deben certificar ante un organismo RETIE y RETILAP. ....	27

6.7	Al tener las certificaciones y haber terminado la obra, se procede a realizar los informes finales, para entregar al cliente los respectivos documentos de la obra. ....	27
6.8	Además de estos proyectos, se brindará apoyo en las actividades de diseño o actividades relacionadas con la ingeniería, a lo largo de todo el contrato. ....	27
7	RESULTADOS.....	27
7.1	EDIFICIO RESIDENCIAL MOCACCINO .....	28
7.1.1	Análisis de la información .....	28
7.1.2	Planeación de estudios y diseños .....	28
7.1.3	Verificación y aprobación.....	33
7.1.4	VISITAS A LA OBRA.....	34
7.1.5	Informes finales .....	38
7.2	CASA BALMORAL LOTE 13.....	38
7.2.1	Análisis de la información .....	38
7.2.2	Planeación de estudios y diseños .....	38
7.2.3	CARGA INSTALADA.....	41
7.2.4	ANÁLISIS DEL RIESGO .....	44
7.2.5	ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO .....	53
7.2.6	Efectos De La Corriente.....	53
7.2.7	ANÁLISIS DEL NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO .....	58
7.3	Galpones de pollo Santa Rosa.....	59
8	Conclusiones .....	62
9	Referencias.....	63

## Listado de figuras.

Figura 1. Topología BUS [8]. .....	18
Figura 2. Medida concentrada [9]. .....	19
Figura 3. Medida concentrada [9]. .....	20
Figura 4. Elementos del sistema de protección contra rayos y la función que cumplen [10].	23
Figura 5. Mapa isoceraunico de Colombia .....	25
Figura 6. Triangulo de potencia. ....	33
Figura 7. Instalación de varilla copperweld en sótano 3 para SPT. ....	36
Figura 8. Construcción portería obra Mocaccino. ....	37
Figura 9. Wallbox power module (WPM) LQRJ-WPM-6P vista frontal. ....	40
Figura 10. Wallbox power module (WPM) LQRJ-WPM-6P vista trasera. ....	40
Figura 11. Datos de entrada IEC-Risk sin medidas, Balmoral lote 13. ....	45
Figura 12. Ubicación de puntas franklin en la cubierta del proyecto. ....	48
Figura 13. Convenciones de apantallamiento. ....	48
Figura 14. Zona protegida por el sistema de apantallamiento. ....	49
Figura 15. Detalle caja de inspección [9]. .....	51
Figura 16. Efecto de la corriente alterna sobre la piel .....	54
Figura 17. Análisis de factores de riesgo según proyecto. ....	55
Figura 18. Factores de riesgo asociados al proyecto. ....	56
Figura 19. Factores de riesgo asociados al proyecto. ....	58
Figura 20. Luminaria marca Sylvania para galpones de pollo. ....	61

## **Listado de tablas.**

Tabla 1. Valores del tipo de pérdidas.....	22
Tabla 2. Cuadro de Cargas Mccaccino. ....	29
Tabla 3. Datos del proyecto Mocaccino. ....	31
Tabla 4. Análisis de cargas. ....	32
Tabla 5. Resumen de cargas de todo el proyecto.....	33
Tabla 6. Propuesta de control de iluminación.....	41
Tabla 7. Cuadro de cargas Tablero principal. Balmoral lote 13. ....	43
Tabla 8. Cuadro de cargas tablero del rack. Balmoral lote 13. ....	43
Tabla 9. Riesgos totales sin medidas de protección.....	45
Tabla 10. Medidas de protección recomendadas. ....	46
Tabla 11. Riesgos totales con medidas de protección.....	46
Tabla 12. Características de electrodos de puesta tierra .....	50
Tabla 13. Bil requerido según niveles de tensión .....	52
Tabla 14. Análisis de factores de riesgo asociado al proyecto .....	57
Tabla 15. Tensión requerida. ....	58
Tabla 16. Niveles de iluminación requeridos en galpones de pollo. ....	61

## **1 Anexos**

- Anexo 1: Plano de redes Mocaccino (MOCACCINO REDES 20190310)
- Anexo 2: Análisis de nivel de riesgo por rayos (20180403 ANALISIS DE RIESGO POR RAYOS MOCACCINO).
- Anexo 3: Medidas de protección contra rayos (20180403 INFORME DE APANTALLAMIENTO MOCACCINO).
- Anexo 4: Memorias de cálculo Mocaccino (20190511 MEMORIA DE CALCULO MOCACCINO).
- Anexo 5: Especificaciones eléctricas complementarias (20190511 ESPECIFICACIONES ELECTRICAS GENERALES MOCACCINO).
- Anexo 6: Cuadros de carga Mocaccino
- Anexo 7: Apantallamiento Balmoral (20190310 BALMORAL 13 APANTALLAMIENTO)
- Anexo 8: Diseño iluminación Balmoral (20190310 BALMORAL 13 ILCO)
- Anexo 9: Diseño de Potencia Balmoral (20190310 BALMORAL 13 POTENCIA)
- Anexo 10: Diseño de sonido Balmoral (20190310 BALMORAL 13 SONIDO)
- Anexo 11: Isométrico Balmoral (20190310 BALMORAL 13 ISOMÉTRICO APANTALLAMIENTO)
- Anexo 12: Cuadro de cargas Balmoral 13
- Anexo 13: Planos eléctricos Mocaccino (10062019 - MOCACCINO ELÉCTRICOS).

# **DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS ELÉCTRICOS BAJO LA NORMATIVA RETIE EN INSTALACIONES ESPECIALES Y RESIDENCIALES.**

---

## **2 Resumen**

Para la realización de la práctica en la empresa Eléctricas BHG S.A.S. se realizó el diseño eléctrico y ejecución de 2 proyectos de tipo residencial. El primer proyecto consta de un edificio residencial llamado Mocaccino, el cual cuenta con 85 apartamentos y zonas comunes ubicado en el sector de sabaneta, donde se continuó a partir de la segunda losa de la obra. Este proyecto requiere un diseño detallado de acuerdo con el artículo 10.1 del RETIE.

El segundo proyecto consta de una construcción de tipo residencial en una edificación de dos plantas, con los cálculos eléctricos para las instalaciones de luminarias, tomas generales y cargas especiales (malacate, jacuzzi, cargador de vehículos eléctricos), en una construcción de 2 plantas, teniendo en cuenta las especificaciones de los diferentes electrodomésticos y requerimientos del usuario, además se implementaron un sistema domótico con diferentes requisitos del cliente y un sistema fotovoltaico para cubrir una parte de la demanda del hogar, al tener un sistema fotovoltaico es considerado como una instalación eléctrica especial bajo la normativa RETIE.

Se establecieron las diferentes cargas mediante un sondeo y una búsqueda de las diferentes potencias a instalar, ya que se encontraron cargas especiales como en la cocina, zona húmeda, cargador de vehículos, ascensores, bombas y se procedió a realizar un esquema de la ubicación de las luminarias, tomas generales y salidas especiales de acuerdo con las necesidades y solicitudes del usuario.

Se hizo un análisis de riesgos, el cual dio como resultado que la estructura debe estar protegida por un sistema interno y externo, lo cual implica el diseño de un apantallamiento por medio del método de las esferas rodantes, para ubicar las puntas de captación que protegerán la estructura.

Los proyectos fueron adjudicados y están siendo ejecutados cumpliendo las diferentes normas establecidas por el RETIE y la NTC 2050, para dar cumplimiento y seguridad al mismo, buscando la futura certificación RETIE.

### **3 Introducción**

Desde el descubrimiento de la electricidad en el año 600 antes de cristo, cuando los antiguos griegos descubrieron un fenómeno de atracción al rozar un ambar con objetos ligeros; la humanidad ha venido desarrollando estudios sobre la electricidad, realizando grandes descubrimientos tecnológicos hasta el día de hoy encontrar que la electricidad juega un papel fundamental para la vida cotidiana de los seres humanos.

Con el crecimiento de las instalaciones eléctricas se ha visto como se ha estado aportando en la calidad humana ya sea para los hogares, oficina, establecimientos públicos gracias a la funcionalidad que nos da el abastecimiento para los aparatos eléctricos. Es allí, donde se le da la importancia al trabajo calificado para el montaje de las instalaciones eléctricas, garantizando la operación de los diferentes equipos, obteniendo rendimiento energético, bajo la normatividad de la seguridad mencionadas en el RETIE - Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, protegiendo la vida de las personas, animales y medio ambiente.

Debido a los riesgos que se han presentado en los hogares de diferentes países se han establecido normas para el uso correcto de la electricidad. Para la Colombia la norma que se aplica es la NTC 2050, donde se tienen las consideraciones necesarias para la seguridad del buen servicio de su uso, para los procedimientos necesarios para el diseño.

En Colombia para obtener la certificación y acceder al servicio energía eléctrica por parte de los entes de diseño, inspección y construcción de las instalaciones se deben cumplir con unos requisitos los cuales están acordados en el RETIE - Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas y la NTC 2050 - Norma Técnica Colombiana.

El alcance del proyecto es elaborar el diseño y ejecución de instalaciones eléctricas especiales y residenciales, desde la acometida y puesta a tierra, hasta todas las salidas de iluminación, tomas y zonas recreativas, cumpliendo la normatividad que está regida para el uso de la electricidad.

## **4 Objetivos**

### **4.1.1 Objetivo general:**

Presentar especificaciones técnicas, memorias de cálculo, diagramas eléctricos y lo estipulado en la normatividad RETIE para instalaciones eléctricas especiales y residenciales.

### **4.1.2 Objetivos específicos:**

- Identificar los requerimientos que deben cumplirse para el diseño y ejecución de una instalación agrícola (instalación eléctrica especial) y residencial de acuerdo con las reglamentaciones vigentes.
- Diseñar según lo estipulado por la normatividad la carga requerida para las necesidades de las instalaciones eléctricas.
- Ejecutar proyectos eléctricos mediante las normas y reglamentos nacionales.

## **5 Marco Teórico:**

Para el entendimiento del proyecto, es importante conocer la definición de los términos más importante para entendimiento del mismo. A continuación, se presentan uno de ellos:

### **5.1 Instalación eléctrica de uso final**

Es aquella destinada a la conexión de equipos o aparatos para el uso final de la electricidad, y en todo tipo de construcciones, ya sean de carácter público o privado. En general comprende los sistemas eléctricos que van desde la acometida de servicio hacia el interior de la edificación o punto de conexión de los equipos o elementos de consumo [1].

Los aspectos importantes que deben tomarse en cuenta a la hora de efectuar una instalación eléctrica de tipo residencial son: precisar la carga que se va a alimentar, por lo que debe proyectarse todos los aparatos electrodomésticos y electrónicos que se van a utilizar en la residencia; La puesta a tierra de la instalación eléctrica, es un requerimiento que se debe atender, ya que este conductor ofrecerá una mayor seguridad en cuanto a la prevención de algún accidente eléctrico [2].

A la hora de diseñar la instalación eléctrica, es recomendable distribuir las cargas en varios circuitos ramales, ya que ante eventuales fallas (operación de protecciones) se interrumpe solamente el circuito respectivo sin perjudicar la continuidad de servicio en el resto de la instalación. Por ejemplo, en una casa se recomienda instalar al menos 4 circuitos ramales, uno exclusivo para iluminación, otro para tomacorrientes, un tercero para toma especial en la cocina y un cuarto en la lavandería. Una instalación eléctrica debe poseer las siguientes características: Confiables, Económicas, flexibles, simples, seguras y eficientes.

El **RETIE** señala las exigencias y especificaciones que garanticen la seguridad de las instalaciones eléctricas con base en su buen funcionamiento; la confiabilidad, calidad y adecuada utilización de los productos y equipos, es decir, fija los parámetros mínimos de seguridad para las instalaciones eléctricas.

Como se establece en el reglamento, las instalaciones eléctricas a las que éste le aplique deberán contar con un diseño realizado por profesionales legalmente competentes. Dicho diseño puede ser simplificado o detallado, esto depende de que tan compleja sea la instalación. El proyecto Mocaccino al tratarse de una edificación con más de 5 cuentas, no satisface las condiciones establecidas en el artículo 10.1 del RETIE para realizar diseño simplificado, se debe realizar un diseño detallado que deberá cumplir los aspectos que le apliquen de la siguiente lista [1]:

- Análisis de cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.
- Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.
- Análisis de cortocircuito y falla a tierra.
- Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.
- Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
- Análisis del nivel de tensión requerido.
- Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la tabla 14.1.
- Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.

- Cálculo del sistema de puesta a tierra.
- Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.
- 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 o equivalente.
- Cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de equipos.
- Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.
- Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).
- Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.
- Cálculos de regulación.
- Clasificación de áreas.
- Elaboración de diagramas unifilares.
- Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.
- Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.
- Establecer las distancias de seguridad requeridas.

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

### **5.1.1 Instalaciones especiales**

Son aquellas instalaciones que por estar localizadas en ambientes clasificados como peligrosos o por alimentar equipos o sistemas complejos, presentan mayor probabilidad de riesgo que una instalación básica y, por tanto, requieren de medidas especiales, para mitigar o eliminar tales riesgos [2].

## **5.2 NTC 2050**

Es la Norma Técnica Colombiana, reglamentada el 25 de noviembre de 1998, cuyo objetivo es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad. Este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento de esta norma y el mantenimiento adecuado darán lugar a una instalación prácticamente libre de riesgos, pero no necesariamente eficiente, conveniente o adecuada para el buen servicio o para ampliaciones futuras en el uso de la electricidad [3]. Debe tenerse en cuenta que los siete (7) primeros capítulos de esta norma corresponden al segundo anexo técnico del RETIE, por ello son de obligatorio cumplimiento.

### **5.2.1 Sección 547 de la NTC 2050**

Las disposiciones de esta Sección se aplican a los siguientes edificios agrícolas o a las partes o áreas adyacentes a los mismos, de naturaleza igual o similar a la indicada en los siguientes apartados a) y b):

**a) Polvo excesivo o polvo con agua.** Los edificios agrícolas donde se pueda acumular polvo excesivo o polvo con agua, como las granjas de pollos, establos y piscifactorías, ya se trate de polvo de basura, piensos o partículas minerales.

**b) Atmósfera corrosiva.** Los edificios agrícolas en los que se produzca una atmósfera corrosiva. Por ejemplo, las áreas en las que 1) los excrementos de aves de corral y animales puedan dar lugar a vapores corrosivos; 2) pueda haber partículas corrosivas que se mezclen con el agua; 3) áreas húmedas y mojadas que se lavan periódicamente para su limpieza y saneamiento con agua y agentes limpiadores; 4) en las que se produzcan condiciones similares. [4]

### **5.3 Sistema domótico**

Son los sistemas capaces de automatizar una vivienda o edificación de cualquier tipo, aportando servicios de seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas y cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar [7].

#### **5.3.1 Topología BUS**

Una red en bus es aquella topología que se caracteriza por tener un único canal de comunicaciones. Denominado bus, troncal o backbone, al cual se conectan los diferentes dispositivos. De esta forma todos los dispositivos comparten el mismo canal para comunicarse entre sí.

En la topología de bus todos los nodos (computadoras) están conectados a un circuito común (bus).

La información que se envía de una computadora a otra viaja directamente o indirectamente, si existe un controlador que enruta los datos al destino correcto. La información viaja por el cable en ambos sentidos a una velocidad aproximada de 10/100/1000 Mbps y tiene en sus dos extremos una resistencia (terminador).

Se pueden conectar una gran cantidad de computadores al bus, si un computador falla, la comunicación se mantiene, no sucede lo mismo si el bus es el que falla. El tipo de cableado que se usa puede ser coaxial, par trenzado o fibra óptica.

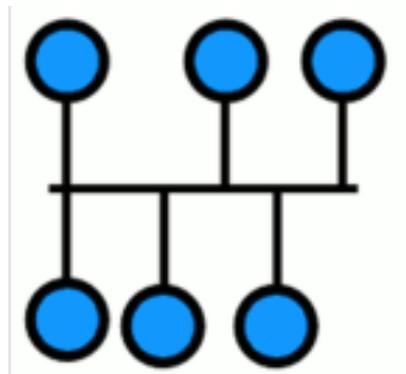


Figura 1. Topología BUS [8].

#### 5.4 SISTEMAS DE MEDICIÓN

Los sistemas de medición son el conjunto de accesorios y componentes destinados a la medición o registro de transferencias de energía, que se emplean para medir y suministrar el servicio de energía en cada una de las instalaciones en la edificación. En el caso de edificaciones de múltiples niveles, dichos sistemas de medición pueden ser del tipo Medida Concentrada o Medida Distribuida (Descentralizada), los cuales se describen a continuación [9].

### 5.4.1 MEDIDA CONCENTRADA

Es un sistema eléctrico que se compone de uno o varios tableros de medida instalados bien sea en una subestación o en un cuarto técnico donde se agrupan todos los medidores de la edificación. Se debe tener presente que desde un tablero de medida concentrada no se pueden hacer derivaciones a otros tableros de medida ubicados en cuartos o niveles diferentes.



Figura 2. Medida concentrada [9].

### 5.4.2 MEDIDA DISTRIBUIDA

Es un sistema conformado por un conjunto de tableros de medidores de energía ubicados en diferentes niveles de la edificación y las redes eléctricas que les suministran el servicio desde la fuente con el propósito de distribuir desde allí los alimentadores a las instalaciones de uso final (ver Figura 2). Dependiendo del tipo y topología de alimentación de cada uno de los tableros de medida, este sistema de medición se puede subdividir en dos tipos:

- Medida Distribuida empleando un bus de barras como alimentador de los diferentes tableros de medida.
- Medida Distribuida empleando cables y tubos individuales como alimentador de los diferentes tableros de medida.

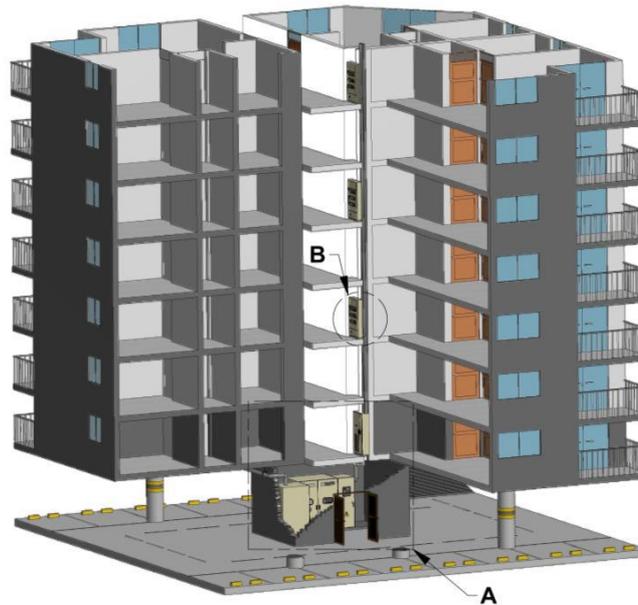


Figura 3. Medida distribuida [9].

## 5.5 ANÁLISIS DE RIESGO POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Las descargas atmosféricas son eventos naturales en el cual el ser humano no tiene ningún control y por tanto representan un factor que pone en riesgo la vida de los seres vivos, el funcionamiento de los equipos y el sistema eléctrico en general.

Un sistema de apantallamiento no induce ni previene la formación del rayo. La protección contra rayos totalmente efectiva no es técnica ni económicamente viable, pero siguiendo las recomendaciones de las normas, la probabilidad de daños será mínima.

Las medidas de protección para una estructura o un conjunto de estructuras se enfocan hacia los efectos directos e indirectos de los impactos cercanos de rayos.

Puede alcanzarse un alto grado de seguridad si se concibe el sistema de protección contra rayos como un sistema integral protección contra rayos (SIPRA), protección externa (SPE: ubicación de pararrayos) y protección interna (SPI: protectores contra sobretensiones).

### **5.5.1 EVALUACIÓN DEL RIESGO**

Teniendo en cuenta uno de los requisitos del RETIE y de la norma NTC 4552 “Protección contra descargas atmosféricas (rayos) – Principios generales” se hace una evaluación del riesgo para determinar la necesidad de implementar un sistema integral de protección contra rayos y las acciones que permitan disminuir el riesgo a un nivel tolerable teniendo en cuenta que el riesgo es un valor probabilístico relativo a una pérdida causada por el rayo y relativo al valor del objeto a proteger.

Una descarga eléctrica atmosférica (DEAT) es un enorme flujo de corriente producido entre una nube cargada eléctricamente a un determinado potencial y otra nube cargada a otro potencial, o entre nube y tierra o nube e ionósfera, cuya finalidad es neutralizar las cargas existentes entre sí (nube – nube, nube – tierra, nube - ionósfera).

La evaluación del riesgo debe considerar la posibilidad de pérdidas de vidas humanas, la pérdida del suministro de energía, la pérdida o graves daños de bienes, así como los parámetros del rayo para la zona donde se encuentra ubicada la estructura que se desea proteger. Basándose en procedimientos establecidos en normas técnicas como la NTC 4552 de 2008.

Tabla 1. Valores del tipo de pérdidas [10].

Tipo de pérdida	$R_T (y^{-1})$
Pérdida de vidas o lesiones permanentes	$10^{-5}$
Pérdida de servicio público	$10^{-3}$
Pérdida de patrimonio Cultural	$10^{-3}$

## 5.5.2 DATOS INICIALES PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO

Para la evaluación de riesgo por rayos se siguió la metodología establecida en la norma internacional IEC 62305-2 “Protection against lightning – Risk management”; esta metodología permite evaluar las pérdidas de vidas humanas, pérdidas Económicas y pérdidas de servicios públicos, tal y como lo exige el RETIE en el Artículo 18. A nivel nacional el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) toma de la norma NTC 4552 “Protección contra Descargas Eléctricas Atmosféricas” norma adaptada de la norma IEC 62305.

## 5.5.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

### 5.5.3.1 Sistema integral de protección contra rayos

Respecto a los rayos, se puede afirmar, sin lugar a duda, que no existen medios para evitarlos, pero sí medidas para ejercer un control que ofrezca seguridad a las personas y a los equipos eléctricos y electrónicos. Por tanto, las precauciones de protección apuntan hacia los efectos secundarios y a las consecuencias de una descarga eléctrica atmosférica. En la Figura 4 se presenta esquemáticamente el Sistema integral de protección contra rayos, (SIPRA), que se recomienda utilizar para una eficaz protección contra rayos, y la explicación de la función que cumple cada uno de sus componentes.

Como se aprecia, el sistema de puesta a tierra es una parte fundamental del sistema de protección contra rayos. Dentro de la protección externa, su propósito es hacer posible la descarga y dispersión de las elevadas corrientes del rayo hacia la tierra a través de un elemento conductor enterrado en el suelo, sin causar sobre tensiones peligrosas para las personas y para los equipos. En la protección interna sirve como referencia de tensión para el equipo y para disipar las corrientes de sobre tensiones, derivadas por lo dispositivos de protección final [10].

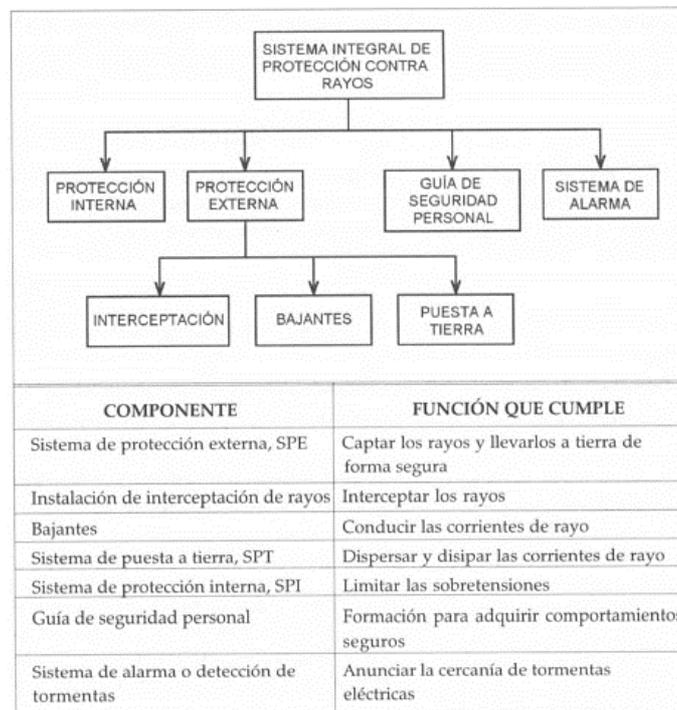


Figura 4. Elementos del sistema de protección contra rayos y la función que cumplen [10].

### **5.5.3.2 MÉTODO ELECTROGEOMÉTRICO**

El método electro geométrico tiene su aplicación en el estudio del apantallamiento que proveen varillas verticales y conductores horizontales a estructuras y líneas de transmisión respectivamente.

La distancia de descarga determina la posición de la estructura apantallada con respecto al objeto que se quiere proteger, tomando en cuenta la altura de cada uno con respecto a la tierra.

En la práctica, para determinar gráficamente la altura mínima de los dispositivos de protección o interceptación, se trazan arcos de circunferencia con radio igual a la distancia de impacto  $R_{sc}$  (distancia de protección), entre los objetos a ser protegidos y los dispositivos de interceptación (por ejemplo varillas tipo Franklin), de tal forma que los arcos sean tangentes a la tierra y a los objetos o tangentes entre objetos; cualquier equipo o estructura por debajo de los arcos estará protegida por el o los objetos que conformen el arco, y cualquier objeto que sea tocado por el arco estará expuesto a descargas directas.

Un corolario del método electro geométrico corresponde al método de la esfera rodante, que consiste en imaginar un balón (esfera) de radio igual a la distancia de impacto rodando sobre los volúmenes de las estructuras a proteger contra rayos.

Debido a que los parámetros de la descarga eléctrica atmosférica en zona tropical difieren con respecto a los de latitudes mayores, fue necesario reevaluar el radio de la esfera rodante para propósitos de diseño del sistema de protección externo. Para ello se determinó el valor

de la corriente pico definida por la probabilidad de ocurrencia de valores mínimos para cada NPR.

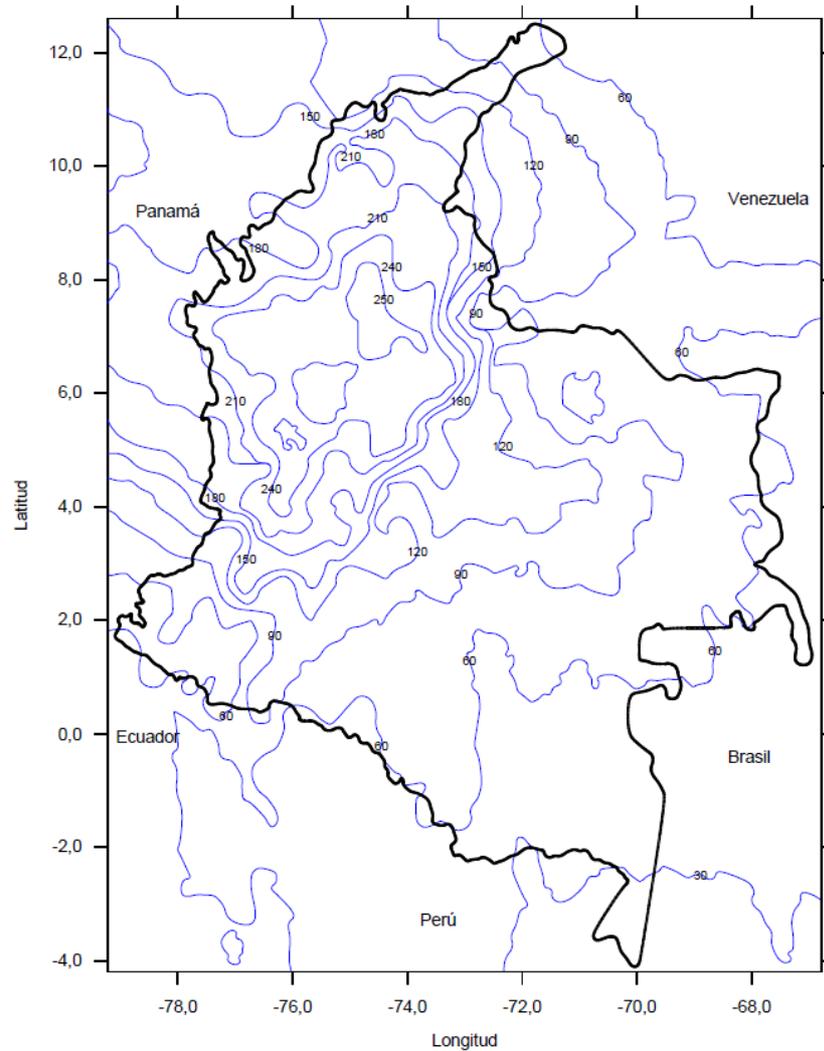


Figura 5. Mapa isoceraunico de Colombia [10].

Aunque tradicionalmente, el radio de la esfera rodante se ha asumido igual que el de la distancia de impacto aproximada para las corrientes mínimas esperadas en cada NPR, se tuvo en cuenta que tanto esta distancia como el punto final del impacto directo de la descarga sobre una estructura dependen de su geometría y dimensiones, y no es el mismo para todos los puntos en la estructura (Esquinas, bordes, techo plano, puntas, etc.). Por consiguiente,

aunque no es posible establecer valores de distancia de impacto válidos para todos los casos, se puede implementar la opción más segura para el diseño de la protección externa, determinada por la distancia de impacto para terreno plano “S” (sin estructura). Esta opción brinda mayor seguridad porque constituye el valor mínimo que puede tomar la distancia de impacto, ya que la presencia de estructuras en tierra propicia la formación de líderes ascendentes y por consiguiente aumenta el valor de esta distancia.

## **6 Metodología**

A continuación, se muestra cual fue la metodología implementada para desarrollar los dos parques educativos:

6.1 Planeación de estudios y de diseños, donde conjuntamente se realiza un barrido de la información suministrada por el cliente.

6.2 Verificación con el ingeniero de la empresa para determinar si los diseños fueron realizados de manera correcta o si es necesario realizar ajustes.

6.3 Teniendo el visto bueno por parte de la empresa, se envían a la interventoría para proceder con la aprobación.

6.4 Teniendo la aprobación, se comienza con la ejecución de los proyectos.

6.5 Se deben hacer visitas periódicas a ambos proyectos, para ir actualizando las cantidades de obra.

6.6 Al finalizar, ambos proyectos se deben certificar ante un organismo RETIE y RETILAP.

6.7 Al tener las certificaciones y haber terminado la obra, se procede a realizar los informes finales, para entregar al cliente los respectivos documentos de la obra.

6.8 Además de estos proyectos, se brindará apoyo en las actividades de diseño o actividades relacionadas con la ingeniería, a lo largo de todo el contrato.

## **7 RESULTADOS**

A continuación, se desarrollarán cada uno de los proyectos utilizando la metodología anteriormente mencionada.

## **7.1 EDIFICIO RESIDENCIAL MOCACCINO**

### **7.1.1 Análisis de la información**

El proyecto Mocaccino se encuentra ubicado en la Calle 63 A sur #39A Sur – 135, municipio de Sabaneta. Para la terminación de la obra fue necesario estudiar la información técnica que se disponía antes de iniciar la práctica, encontrando que se contaba con el diseño de apantallamiento y redes provisionales, ya que son los requisitos para empezar una obra de este tipo.

El transformador provisional de la obra, es un transformador de 150kVA en aceite en poste, el cual será el transformador definitivo. El diseño de redes final del proyecto debía ser realizado y aprobado por EPM para su ejecución. Después de analizar la información con que se contaba, se continuo con los diseños de los diferentes tipos de apartamentos, zonas comunes y los literales del artículo 10.1 del RETIE faltantes.

### **7.1.2 Planeación de estudios y diseños**

Como se requirió realizar una actualización al proyecto de redes, fue necesario estudiar la norma de EPM RA8-001, para conocer los detalles de la presentación de estos proyectos. Lo primero fue darle el formato requerido al plano de acuerdo con la norma. Luego, se procedió con el diseño de este.

Para la realización del proyecto de redes ante EPM, se analizan los diferentes tipos de carga de la edificación y que cantidad de cargas hay. El proyecto cuenta con 85 apartamentos de estrato 6, donde el operador de red le asigna una capacidad instalada de 0,99 kVA por usuario y una capacidad en servicios comunes de 69,15kVA el cual se distribuye de la siguiente

manera: 2 ascensores de 10KVA, un sistema de bombeo de 20kVA las cuales tiene un porcentaje de diversidad del 85% para un total de 34kVA y además de la carga de recibidores, pasillos, armarios, escaleras, piscinas y garajes públicos la cual es de 35,15kVA. El proyecto cuenta con una capacidad de 153,9kVA, por ende, el transformador existente para las provisionales de obra es adecuado para uso definitivo.

Tabla 2. Cuadro de Cargas Mccaccino.

CUADRO DE CARGAS						ESTRATO: 6
No	KVA	No INSTAL.	KVA/INST.	KVA TOTAL	% CARGA	REGULACIÓN
1	150	85 APTOS.	0,99	84.15	102,6%	2.02
		SERV. COMUN	69,15	<u>69,15</u> 153,9		

La obra cuenta con una acometida de 9 cables de calibre 4/0 AWG para las 3 fases, 3 cables de calibre 2/0 para neutro y tierra ya que es un sistema TN-C-S (Tierra-neutro-común). La acometida es llevada hasta el TGA (Tablero general de acometidas) por un bajante en tubería metálica galvanizada con capatete metálico por el recorrido del poste del transformador, cuando se hace la transición a la tierra, esta pasa a ser tubería PVC- tipo DB hasta el TGA. El diagrama de unifilar de la obra de la obra se puede ver en el anexo 1:

El sistema de medida utilizado es medida descentralizada, el cual cuenta con gabinetes de medidores ubicados en diferentes pisos de la edificación. Se escogió esta opción debido a que los trayectos de las acometidas hacia los apartamentos se reducen y no requeriría aumentar los calibres por regulación, por consiguiente, es económicamente más viable. El TGA está ubicado en el piso 2 y de este se deriva en tubería metálica galvanizada por un buitrón eléctrico hacia los diferentes armarios de medidores ubicados en diferentes puntos de la

edificación. Las acometidas de los apartamentos vienen desde los armarios de medidores en tubería PVC-Schedule 40.

En el anexo 1, se puede observar la ubicación de los gabinetes en la red vertical.

Para los diseños de los apartamentos de la obra, se diseñaron de acuerdo a las especificaciones de la constructora con la aprobación de la interventoría de la obra, considerando los diferentes tipos de carga comúnmente usados para este tipo de apartamentos. Los apartamentos tienen cargas como pequeños artefactos de cocina, estufa de 220V, tomas e iluminación general. Son 7 tipos de apartamentos en la obra los cuales son: Tipo 1A, Tipo 3A, tipo 3B, tipo 4A, tipo 4B, tipo 5A, tipo 5B y los niveles 3, 4 y 5 fueron adquiridos por un cliente. Los niveles 3, 4 y 5, contienen cargas especiales como un ascensor interno, bombas para la circulación del agua de un calderín, pequeños artefactos de cocina y una máquina para hacer hostias. Estos niveles cuentan con áreas como una cancha de microfútbol, una capilla y gimnasio interno, por lo que el cliente especificaba que tipo de cargas requería en las diferentes zonas. Así mismo, la obra requería de una iluminación especial para diferentes zonas del edificio, como lo es la portería, y en las zonas comunes. Los diseños fueron realizados contemplando la norma y de acuerdo a la norma NTC 2050 capítulos 1 y 2, para el cumplimiento del RETIE.

En el anexo 13, se encuentran los planos eléctricos de la edificación.

En las memorias de cálculo para este proyecto requiere un diseño detallado, cumpliendo con el artículo 10.1 del RETIE, el cual contempla los ítems mencionados anteriormente.

Para realizar los diseños faltantes, exigidos en el artículo 10.1 del RETIE, se recurrió a estudiar la información de la cual dispone la empresa. En la información, se encontraron los

libros de las normas colombianas, normas de EPM, libros académicos y proyectos realizados, que sirvieron como guía base; además, se aprovechó a la experiencia del ingeniero para llevar a cabo de manera más sencilla los diseños. Como ya se contaba con un diseño de apantallamiento inicialmente, el literal d del artículo 10.1 ya había sido realizado, por lo que se adicionó a las memorias de cálculo. Además, hay ítems que no se contemplan en el proyecto los cuales fueron especificados en las memorias de cálculo.

En el anexo 4, se presentan las memorias de cálculo del proyecto las cuales fueron realizadas en el transcurso de la práctica.

**ANALISIS Y CUADROS DE CARGA INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO ANALISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ARMONICOS. (Numeral a. del Retie)**

Tabla 3. Datos del proyecto Mocaccino.

Nombre del proyecto:	Mocaccino
Dirección:	Calle 63A sur # 39 sur -135
Operador de red:	epm
Factibilidad:	N/A
Circuito de M.T:	R12-05
Tensión de alimentación:	13200V
Número de cuentas:	85 apartamentos; 1 zona común
Tipo de Medida:	85 directas; 1 semidirecta
Tipo de Medidor:	Electrónico
Carga total del proyecto:	150kVA
Especificación del Transformador:	Aceite, para instalación en poste

Se procede hacer un análisis de carga del proyecto para los literales exigidos por el RETIE.

Tabla 4. Análisis de cargas.

<b>Apartamento individual</b>						
<b>Discriminacion por areas y usos.</b>						
Zona	m2	#	VA/m2	S (inst) kVA	Criterio de diversidad	S (div) kVA
Unidades de vivienda	107	1	32	3,42	Primeros 3 kVA al 100% - entre 3 kVA y 120 kVA al 35% - a partir de 120 kVA al 25%	4,20
Cocina	-	1	1,5	1,5		
Ropas	-	1	1,5	1,5		
<b>S (inst total) kVA</b>				<b>6,42</b>		
<b>Cargas Especiales</b>						
Descripcion	Carga (kVA)	Cantidad	Tabla	S (inst) kVA	% de diversidad	S (div) kVA
Horno	3,00	1	220-19	3,0	55,0%	1,65
Cubierta de gas con 1 P electrica	1,50	1	220-20	1,5	55,0%	0,83
Lavavajillas	3,00	1	220-21	3,0	55,0%	1,65
<b>S (inst total) kVA</b>				<b>7,50</b>	<b>S (Div) (kVA)</b>	<b>4,13</b>
				<b>S (Total Inst) kVA</b>	<b>% Div</b>	<b>S (Total div) (kVA)</b>
				<b>13,92</b>	<b>59,8%</b>	<b>8,32</b>

<b>Zonas Comunes del edificio</b>					
<b>Discriminacion por areas y usos.</b>					
Zona	m2	VA/m2	S (inst) kVA	Criterio de diversidad	S (div) kVA
Recibidores, pasillos, armarios y escaleras	4000	5	20,0	Primeros 10 kVA al 100% a partir de 10 kVA al 50%	15,0
garajes publicos	4000	5	20,0	Primeros 10 kVA al 100% a partir de 10 kVA al 50%	15,0
<b>S (inst total) kVA</b>			<b>40,00</b>	<b>S (Div) (kVA)</b>	<b>30,00</b>

<b>Cargas Especiales</b>						
Descripcion	S (kVA)	Cantidad	Tabla	S (inst) kVA	% de diversidad	S (div) kVA
Ascensores	10,00	2	620-14	20,0	85,0%	17
Sistemas de Bombeo	20,00	1	430-29	20,0	85,0%	17
<b>S (inst total) kVA</b>				<b>40,00</b>	<b>S (Div) (kVA)</b>	<b>34,00</b>

Tabla 5. Resumen de cargas de todo el proyecto.

Resumen de Cargas de Todo el proyecto					
Discriminacion por areas y usos.					
Descripcion	S / apto (kVA)	# de Instalaciones	S (Inst) kVA	Criterio de diversidad (220-32)	S (div) kVA
Unidades de vivienda	8,32	85	707,49	12,0%	84,90
Descripcion			S (Inst) kVA	Criterio de diversidad (220-32) (430-29)	S (div) kVA
Zonas Comunes (FP) = 0,92			40,00	75%	30,00
Zonas Comunes (FP) = 0,86			40,00	85%	34,00

Factor de potencia = 1 Unidades de vivienda	84,9 kVA	84,9 kW	0,0 kVAR
Factor de potencia = 0.92 Recibidores, pasillos, armarios y escaleras garajes publicos	30,0 kVA	27,6 kW	11,8 kVAR
Factor de potencia = 0.86 Ascensores Sistemas de Bombeo	34,0 kVA	29,2 kW	17,3 kVAR
	S 144,93 kVA	P 142,0 kW	Q 29 kVAR

Luego de tener un análisis de la carga se procede a graficar el triángulo de potencias, para ver el consumo de energía reactiva de la obra.

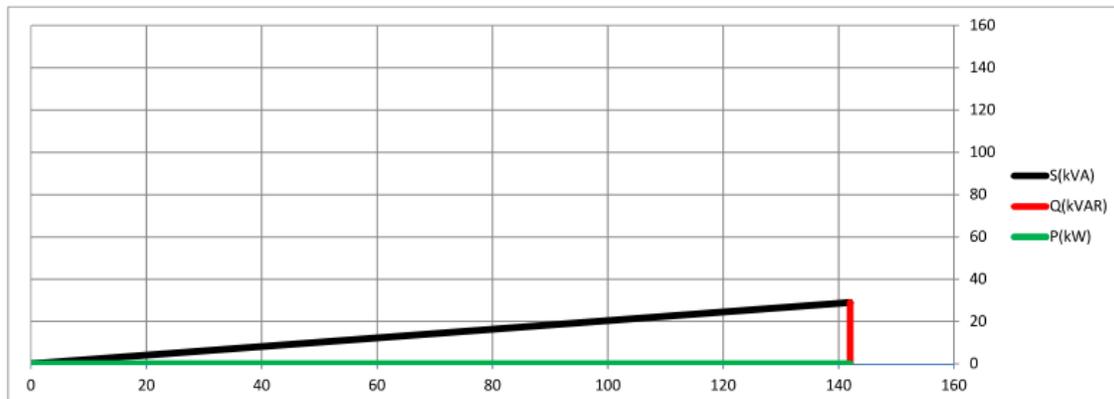


Figura 6. Triangulo de potencia.

Para ver los cálculos de los ítems del artículo 10.1 del RETIE, ver el anexo 4.

### 7.1.3 Verificación y aprobación

La verificación de los diseños en la empresa se realizó con el asesor externo y en compañía de otro ingeniero, quien era el que inicialmente revisaba los diseños y les daba una preaprobación.

La verificación consistía en imprimir todo lo que se hubiera realizado: cuadros de cargas, diagramas unifilares, planos, informes de sistemas de puestas a tierra, entre otros, y socializarlos en una reunión en compañía de los dos ingenieros.

Lo primero en ser revisado, fueron los apartamentos y parte de las zonas comunes, como lo son los sótanos y puntos fijos, ya que la obra viene creciendo en las losas y se debía tener los diseños listos, para empezar la mampostería en el edificio. El proyecto de redes fue revisado antes de enviarlo a EPM, quien era quien realmente aprobaba este proyecto. Se revisó que estuviera acorde con lo diseñado previamente: calibres de conductores, diámetros de tuberías, medidores, entre otras. Al ver que todo estaba hecho tal cual lo pactado, se procedió a enviar a EPM dicho proyecto, para luego, esperar si era aprobado o si tocaba hacerle algunas correcciones.

No se ha dado aprobación del proyecto de redes por parte de EPM a la fecha.

La ejecución de las obras se lleva a cabo inmediatamente después de tener el visto bueno de la interventoría. En el proyecto se debió coordinar constantemente con el encargado de la obra que el material se iba necesitando a medida que avanzaba la construcción. Además, a todas las obras extras que resultaron se les debió hacer sus respectivos APU para ser enviados a la interventoría y esperar su aprobación. Una vez aprobados, se procedía con el suministro e instalación de dichos elementos.

#### **7.1.4 VISITAS A LA OBRA**

Las visitas posteriores, básicamente se enfocaron en registrar que cambios surgieron, realizar actualizaciones de las cantidades de obra y realizar memorias de estas, ya que, se debe realizar un acta donde quede consignada la ruta y la ubicación de cada uno de los elementos utilizados en la obra.

En la ejecución del sistema de apantallamiento, se van dejando tubería PVC de 1” antes del vaciado de una columna a esto se le denomina “pases” para que al final de las losas, el cable de los bajantes pueda ser protegido por la tubería embebida en las columnas.

Se trató el tema de la arquitectura de los apartamentos, ya que en los planos se identifica que estos tienen diferentes alturas en el apartamento, hay zonas donde la altura es a 2.8m y otras zonas que la altura es a 2.2m, esto puede representar un problema técnico al momento en las salidas de iluminación que estén a diferente altura, ya que se pueden presentar más de 2 curvas de un trayecto a otro, lo que dificulta al momento de cablear. Una solución para esto, es que antes del vaciado de la losa, se dejen pases horizontales en los tramos donde haya una transición de cielos con diferente altura.

La visita realizada el día 11 de junio de 2019, se instaló las provisionales de un malacate que requería la obra, el cual constó de instalar un cable cuádruplex 1/0 (cable ACSR 1/0) hacia un pequeño gabinete que contiene un totalizador para la máquina.

El día 20 de Junio de 2019, fue la última visita realizada y la obra se encontraba en el nivel 8, donde se ha realizado todas las salidas de los sótanos 1, 2 y 3. En el nivel 1 se colocó todas las salidas de la portería, ya que la sala de ventas fue trasladada en ese sitio, por lo que se necesitó terminar esta. El nivel 2, se terminó de poner la tubería para las salidas eléctricas. Los niveles 3, 4 y 5 comenzaron 3 semanas atrás, debido a cambios en los diseños eléctricos, por lo que no presentaron un avance considerable. En el nivel 6, es el inicio de los apartamentos de la obra y se realizó la puesta de cajas en mampostería y se colocó la tubería en los cielos, hasta el nivel 8. La obra cuenta con 8 bajas para el apantallamiento y estos son embebidos por las columnas del edificio.



Figura 7. Instalación de varilla copperweld en sótano 3 para SPT.



Figura 8. Construcción portería obra Mocaccino.

### **7.1.5 Informes finales**

En la entrega de los informes finales se encuentran las memorias de cálculo para el desarrollo del artículo 10.1, los planos eléctricos finales de cómo se están construyendo y las especificaciones de los productos. Estos informes pueden ser consultados en los anexos 4, 5, 13.

En el artículo 10.1, están incluidos todos los cuadros de cargas, cálculos de pérdidas, cálculos de ocupación, informe de apantallamiento, análisis de nivel de riesgo, entre otros.

En cuanto a los planos, fueron entregados los planos eléctricos, redes externas, tomas, iluminación, apantallamiento y diagramas unifilares. Además, también fueron entregados los planos de todo lo relacionado con comunicaciones, entre estos está los planos de cableado estructurado y puntos de datos y el plano de seguridad.

## **7.2 CASA BALMORAL LOTE 13**

### **7.2.1 Análisis de la información**

El proyecto casa Balmoral lote 13 se encuentra ubicado en la avenida las palmas. La obra fue diseñada y ejecutada en el transcurso de la práctica. No se contaba con ninguna información antes de iniciar las practicas.

### **7.2.2 Planeación de estudios y diseños**

La obra en los inicios, contaba con un contador del lote respectivo de la parcelación. Lo primero que se hizo, fue ante el operador de red EPM, hacer la legalización para provisionales de obra, cumpliendo con las normas de seguridad exigidas por el operados basadas en el RETIE. Estas provisionales no requieren de un diseño de redes para uso provisional. Las provisionales eléctricas para las cargas eléctricas de esta pequeña obra son: una cortadora, las oficinas de la

obra, extensiones para cargas como taladros, pulidoras y una pequeña concretadora. Son cargas relativamente pequeñas, el cual se conectaron a un totalizador de 2x90A.

Luego de haber realizado un estudio para las provisionales de obra, se procede hacer los diseños de la casa, con las respectivas especificaciones del cliente. En la obra, se instaló un sistema domotico marca LUTRON, el cual fue contratado por el cliente. Los sistemas domoticos requieren sistemas eléctricos, por lo que la empresa Eléctricas BHG S.A.S. fueron los encargados de hacer la instalación del sistema.

El cliente especificó los lugares donde requerían salidas para diferentes tipos de carga, como lo son cargas de pequeños artefactos de cocina, cargador de vehiculos eléctricos, jacuzzi y un BBQ. Con respecto al tema de iluminación, gran parte de esta fue diseñada por terceros, el cual utilizaron el controlador LUTRON para tener un control de estos. El sistema domotico cuenta con control de iluminación para el confort y sistemas de audio y video, para las diferentes salidas de sonido que hay en el hogar, este sistema no contempla seguridad. El sistema domotico consta de un rack, el cual contiene 4 módulos de potencia para iluminación de referencia LQRJ-WPM-6P marca LUTRON, el cual controlan 24 zonas de iluminación, audio distribuido en el hogar y zonas de video los cuales se pueden observar en la Figura 9.



Figura 9. Wallbox power module (WPM) LQRJ-WPM-6P vista frontal.



Figura 10. Wallbox power module (WPM) LQRJ-WPM-6P vista trasera.

Los Wallbox power module (WPM) de referencia LQRJ-WPM-6P tienen 6 salidas (1, 2, 3, 4, 5 y 6) a controlar y son de topología BUS. Estos requieren de una alimentación a 110V la cual requiere fase, neutro y tierra, además, soportan hasta una potencia de 2000W. Los regresos de las zonas, van hacia el WPM y se conectan a la zona respectiva. Como las zonas a controlar requieren de fase, neutro y tierra, las fases salen del WPM y el neutro y la tierra, salen de un tablero independiente.

Cuando el usuario activa una zona, lo que hace el WPM es suichear la zona activada con la fase y así se cierra el circuito, energizando la zona activada.

Tabla 6. Propuesta de control de iluminación

ZONAS WPM	
Z.1	CINTA - ACCESO EXTERIOR
Z.2	ADVANCE - ACCESO EXTERIOR
Z.3	RINGO Y GROVE - FACHADAS
Z.4	DORIT - VESTIER PPAL
Z.5	RINGO - JACUZZI
Z.6	SALIDAS MURO - AREA SOCIAL
Z.7	ORION - PERGOLAS
Z.8	MINIMAL - PERGOLAS
Z.9	MINI PLAY - PERGOLAS
Z.10	CINTA - BIBLIOTECA
Z.11	CINTA - HALL PPAL
Z.12	PLAY - ESCALERAS
Z.13	CINTA - HAB. PPAL
Z.14	SALIDA COMEDOR
Z.15	CINTA - MOTOS
Z.16	FUJI - MOTOS
Z.17	PERLATO - PARQUEADERO
Z.18	CINTA - BAÑO PPAL
Z.19	SALIDAS EXTERIORES
Z.20	SALIDAS - SALÓN ENTRETENIMIENTO
Z.21	FUJI - BAÑO PPAL
Z.22	SALIDAS CINTA - VESTIER PPAL
Z.23	SALIDAS - INGRESO HAB PPAL
Z.24	FUJI - PERGOLAS

Los diseños fueron realizados contemplando la norma y de acuerdo a la norma NTC 2050 capítulos 1 y 2, para el cumplimiento del RETIE.

### 7.2.3 CARGA INSTALADA

Los cuadros de carga son una parte vital en cualquier proyecto eléctrico, en ellos se muestra detalladamente la información referente a cargas eléctricas (por circuito, por fase y totales), capacidad de las protecciones, calibre de los conductores, número de circuitos y descripción de las cargas que maneja cada uno, para un tablero eléctrico en particular, o para toda la instalación.

#### 7.2.3.1 CUADROS DE CARGAS

En las tablas se muestran los cuadros de cargas a utilizar, en él se incluirán las cargas eléctricas totales por tablero o los equipos eléctricos de gran potencia, especificando el tablero al que

corresponden. Las siguientes tablas muestra la distribución de cada tablero multibreakers. Los cuadros de cargas se pueden ver en el archivo “Cuadro de Cargas Balmoral 13”.

Tabla 7. Cuadro de cargas Tablero principal. Balmoral lote 13.

ELECTRICAS <b>BHG</b>		CUADRO DE CARGAS Y CALCULOS. BALMORAL CASA 13																		NOMBRE DE LA OBRA													
TABLERO MONOFASICO TRIFILAR PARA FUERZA E ILUMINACION.																						BALMORAL CASA 13											
CTO	DESCRIPCION	TENSIÓN CIRCUI	No. TO MAS	No. LU MIN	CALIBRE [AV]	PROT. EC. [A]	TOMAS NOR. [VA]	ILU M. [VA]	POT TOTAL [VA]	I[A]	L[m]	REGU L. [%]	CUMPLE CALCULO?	CTO	A	B	CTO	DESCRIPCION	TENSIÓN CIRCUI	No. TO MAS	No. LUMI N.	CALIBRE [AV]	PROT. EC. [A]	TOMAS NOR. [VA]	ILU M. [VA]	POT TOTAL [VA]	I[A]	L[m]	REGU L. [%]	CUMPLE CALCULO?	CTO		
1	Torre Horno	240 1Ø	1	0	12	2x20	3500	0	3500	18	20	1,45	SI	1	•		2	Tomas de cocina auxiliar	120 1Ø	3	0	12	1x20	1500	0	1500	15,6	20	2,49	SI	2		
3																4	Tomas de cocina	120 1Ø	5	0	12	1x20	1500	0	1500	15,63	24	2,99	SI	4			
5	Futuro Malacate	240 1Ø	1	0	12	2x30	3500	0	3500	18	30	2,18	SI	5	•		6	Campana cocina	120 1Ø	6	0	12	1x20	1500	0	1500	15,63	24	2,99	SI	6		
7																8	Tomas área social	120 1Ø	5	0	12	1x20	900	0	900	9,38	32	2,39	SI	8			
9	Tomas Alcoba de servicio, baño y S. entretenimiento	120 1Ø	9	0	12	1x20	1620	0	1620	16,88	20	2,69	SI	9	•		10	Proyector área social	120 1Ø	3	0	10	1x30	1500	0	1500	15,6	32	2,41	SI	10		
11	Tomas Alcoba y Baño 04	120 1Ø	7	0	12	1x20	1260	0	1260	13,13	20	2,09	SI	11		•	12	Tomas Alcoba y Baño 03	120 1Ø	7	0	12	1x20	1260	0	1260	13,1	22	2,30	SI	12		
13	Tomas Alcoba y Baño 02	120 1Ø	7	0	12	1x20	1260	0	1260	13,13	13	1,36	SI	13	•		14	Tomas Alcoba y Baño PPAL	120 1Ø	9	0	12	1x20	1620	0	1620	16,9	20	2,69	SI	14		
15	Iluminación Alcoba de servicio, Z. Ropas, S. Entrenimiento, útiles estudio, útiles y w.c. NIVEL 1	120 1Ø	0	40	12	1x20	0	1000	1000	10,42	35	2,91	SI	15		•	16	Tomas Estudio y S. Entrenimiento	120 1Ø	8	0	12	1x20	1440	0	1440	15	15	1,79	SI	16		
17	Iluminación alcobas 3 y 4	120 1Ø	0	24	12	1x20	0	960	960	10,00	30	2,39	SI	17	•		18	Lavadora y Secadora	120 1Ø	1	0	12	1x20	1900	0	1900	19,8	5	0,79	SI	18		
19	Proyector Salón de entretenimiento	120 1Ø	3	0	12	1x20	1500	0	1500	15,625	14	1,74	SI	19		•	20	Iluminación PPAL, wC PPAL y Alcoba 02	120 1Ø	0	23	12	1x20	0	920	920	9,58	36	2,75	SI	20		
21	BBQ	120 1Ø	6	0	12	1x20	1080	0	1080	11,25	14	1,26	SI	21	•		22	Iluminación cocina, salón, biblioteca, perchero y Baño	120 1Ø	0	18	12	1x20	0	720	720	7,5	40	2,39	SI	22		
23	Futuro Jacuzzi	240 1Ø	1	0	10	2x30	4000	0	4000	20,83	10	0,50	SI	23		•	24	UPS	240 1Ø	1	0	10	2x30	2000	0	2000	10	35	0,88	SI	24		
25																26																	26
27	Tablero Rack	240 1Ø	1	0	8	2x60	7500	0	7500	39,06	35	2,17	SI	27		•	28	Cargador Vehículo	240 1Ø	1	0	10	2x40	4000	0	4000	20,83	15	0,75	SI	28		
29																30																	30
31	Tomas parqueadero y rack	120 1Ø	7	6	12	1x20	1260	54	1314	13,6875	25	2,73	SI	31	•		32	Reserva															
33	Reserva													33	•		34	Reserva															
35	Reserva													35	•		36	Reserva															

Tabla 8. Cuadro de cargas tablero del rack. Balmoral lote 13.

ELECTRICAS <b>BHG</b>		CUADRO DE CARGAS Y CALCULOS. BALMORAL CASA 13																		NOMBRE DE LA OBRA													
TABLERO MONOFASICO TRIFILAR PARA TABLERO RACK																						BALMORAL CASA 13											
CTO	DESCRIPCION	TENSIÓN CIRCUI	No. TO MAS	No. LU MIN	CALIBRE [AV]	PROT. EC. [A]	TOMAS NOR. [VA]	ILU M. [VA]	POT TOTAL [VA]	I[A]	L[m]	REGU L. [%]	CUMPLE CALCULO?	CTO	A	B	CTO	DESCRIPCION	TENSIÓN CIRCUI	No. TO MAS	No. LUMI N.	CALIBRE [AV]	PROT. EC. [A]	TOMAS NOR. [VA]	ILU M. [VA]	POT TOTAL [VA]	I[A]	L[m]	REGU L. [%]	CUMPLE CALCULO?	CTO		
1	Módulo 1	120 1Ø	0	0	12	1x20	2000	0	2000	20,83	5	0,83	NO	1	•		2	Módulo 2	120 1Ø	0	0	12	1x20	2000	0	2000	20,8	5	0,83	NO	2		
3	Módulo 3	120 1Ø	0	0	12	1x20	2000	0	2000	20,83	5	0,83	NO	3		•	4	Tomas utiles y wC	120 1Ø	5	0	12	1x20	900	0	900	9,38	20	1,50	SI	4		
5	Lentejas Led	120 1Ø	4	0	12	1x20	720	0	720	7,50	25	1,50	SI	5	•		6	Reserva															
7	Reserva													7		•	8	Reserva															

#### **7.2.4 ANÁLISIS DEL RIESGO**

Para el nivel de riesgo de la instalación se debe proteger a través del sistema SIPRA y se debe implementar los siguientes ítems:

1. Implementar un sistema de protección externa contra rayos (apantallamiento) con nivel de protección IV, el cual es el objeto de este estudio.
2. Instalar cableado y puesta a tierra según NTC 2050, IEEE std. 1100-1999.
3. Instale DPS's así: en la celda principal de baja tensión, máxima corriente de pico de aterrizamiento equipotencial de la protección debe ser, mayor a 12.5 KA onda de prueba 10/350us y mayor a 125 KA onda de prueba 8/20, para un nivel de protección I, de acuerdo con la NTC 4552-I por cada una de las "n" líneas definidas del sistema a la entrada de este "por acuerdo entre cliente y proveedor".
4. Diseño las puntas de captación con radio de esfera rodante de 55 mts.

Para la evaluación del riesgo por descargas eléctricas atmosféricas se utilizó la herramienta "IEC Risk Assessment Calculator", la cual es reconocida en el medio y está basada en la norma internacional IEC 62305-2 y es la base fundamental para la norma adoptada en Colombia para dicha evaluación según la norma NTC 4552-2. En esta herramienta, inicialmente se ingresan los parámetros de la edificación, considerando los factores externos, tales como edificaciones vecinas, riesgos de incendios, factores ambientales, entre otros, pero, no se consideran las medidas de protección. Teniendo la configuración completa, el programa determina el nivel de riesgo que corre la edificación sin considerar medidas de protección. En la figura 11 se presenta la interfaz del programa IEC-Risk.

Figura 11. Datos de entrada IEC-Risk sin medidas, Balmoral lote 13.

Como se puede ver en la figura 11, se tiene unos valores de riesgo calculados por encima de los valores permitidos. En la tabla 9 se indica el riesgo total calculado, como la sumatoria de los componentes para cada una de las posibles pérdidas que se podrían presentar en caso de impactos directos a la estructura, cercanos a la estructura, directos sobre las acometidas de servicios y cercanos a estas sin ningún tipo de protección.

Tabla 9. Riesgos totales sin medidas de protección.

	Pérdidas de:	Tolerable	Riesgos totales calculados			Estructura protegida por tipo de riesgo
			Por impa. Directos	Por impa. Indirectos	Total	
R 1	Vidas humanas	1.00E-05	1.92E-05	1.09E-06	2.03E-05	NO
R 2	Servicios públicos	1.00E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	SI

R 3	Patrimonio cultural	1.00E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	SI
R 4	Económicas	1.00E-02	2.30E-05	2.15E-03	2.17E-03	SI

Como se observa en la anterior tabla los riesgos totales calculados para las pérdidas de vidas humanas, superan el valor tolerable para este tipo de pérdidas, por lo cual, es necesario implementar las siguientes medidas de protección.

Tabla 10. Medidas de protección recomendadas.

<b>Medidas de protección a implementar</b>	
<b>Clase de SPCR:</b>	Nivel IV
<b>Protección contra incendios:</b>	Sistemas manuales
<b>Protección contra sobretensiones:</b>	Con protección

Al ingresar en el programa las medidas de protección recomendadas, se obtienen los siguientes valores para los niveles de riesgo de la edificación, según la tabla 11.

Tabla 11. Riesgos totales con medidas de protección.

	Pérdidas de:	Tolerable	Riesgos totales calculados			Estructura protegida por tipo de riesgo
			Por impa. Directos	Por impa. Indirectos	Total	
R 1	Vidas humanas	1.00E-05	4.60E-07	2.43E-07	7.03E-07	SI
R	Servicios	1.00E-	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	SI

2	públicos	03			0	
R	Patrimonio	1.00E-	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+0	SI
3	cultural	03			0	
R	Económicas	1.00E-	9.19E-06	2.09E-03	2.09E-	SI
4		02			03	

En la tabla 5 se observa que, al implementar las medidas de protección recomendadas, los riesgos por pérdidas de vidas humanas, se hacen inferiores al riesgo tolerable y la estructura queda protegida ante los efectos de descargas atmosféricas directas e indirectas en la zona de influencia.

Los resultados obtenidos implementando el método de apantallamiento de la esfera rodante garantizan en nivel de riesgo I, II, III, IV, el cual fue determinado según el método recomendado por la NTC4552-1 en la tabla 11, el radio de la esfera fue determinado por diseño para el nivel IV cuyo radio es de 55m el cual es el mayor radio posible para la esfera. Finalmente, por diseño se estableció el nivel de protección para este apantallamiento en nivel IV lo que corresponde a un SIPRA IV y como consecuencia el radio de la esfera rodante es de 55m.

#### **7.2.4.1 SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNO (SPE)**

##### **7.2.4.1.1 UBICACIÓN DE PUNTAS TIPO FRANKLIN, BAJANTES Y PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.**

Se tomó en cuenta que el área está expuesta a descargas eléctricas, con el propósito de determinar las zonas de la edificación que de acuerdo con su disposición pueden probablemente recibir el impacto directo de una descarga atmosférica.

La protección efectiva del proyecto Casa BALMORAL requiere la instalación de 14 puntas de 0,3m, instaladas sobre la cubierta de la estructura; en los perímetros sobresalientes del techo, donde se unirán con el anillo perimetral, que une todos los terminales aéreos; esta información está consignada en el plano de diseño de nombre “Apantallamiento.dwg” el número de bajantes es de 6 como se muestra en la Figura 12.

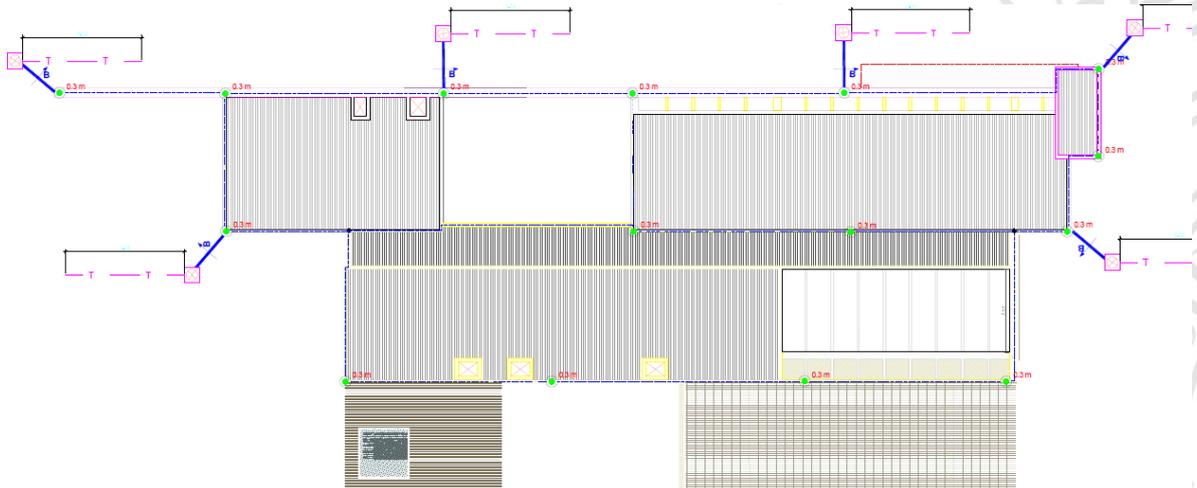


Figura 12. Ubicación de puntas franklin en la cubierta del proyecto.

CONVENCIONES	
	CONDUCTOR DE ALUMINIO DESNUDO No. 1/0 AWG
	CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO No. 1/0 AWG ENTERRADO
	CABLE BAJANTE DE ALUMINIO CUBIERTO No. 2/0 AWG
	PUNTA CAPTADORA TIPO FRANKLIN. ALTURA INDICADA
	PUNTO DE UNIÓN CABLE-CABLE CON CONECTOR BIMETÁLICO
	PUESTA A TIERRA. VARILLA DE COBRE DE 5/8" X 2.4M
	CAJA DE INSPECCIÓN
	CABLE DE COBRE DESNUDO 1/0

Figura 13. Convenciones de apantallamiento.

Se deben interconectar todas las puestas a tierra existentes del área: La puesta a tierra de los pararrayos a instalar y la puesta a tierra del sistema eléctrico que alimenta el proyecto.

Todos los elementos de la instalación de interceptación de rayos deben estar unidos mediante un anillo conductor en la parte superior, con un calibre igual al de las bajantes (sección mínima 50 mm<sup>2</sup>).

En la Figura 14, se muestra la zona de cubrimiento de las puntas franklien contra descargas atmosféricas.

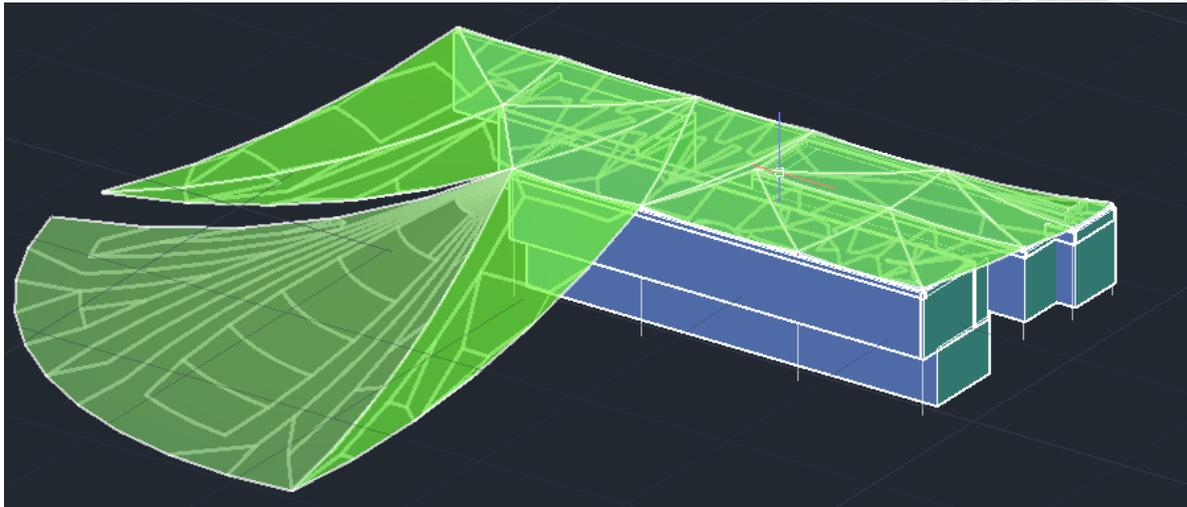


Figura 14. Zona protegida por el sistema de apantallamiento.

En la Figura 14, se puede observar que cubre toda la estructura del edificio ante descargas atmosféricas, inclusive, de forma lateral. La estructura está protegida ante descargas atmosféricas.

Todos los bajantes que conforman el sistema de apantallamiento deberán ir unidas a una varilla de puesta a tierra, la cual servirá como elemento disipador de la corriente de rayo a través del terreno.

Los bajantes hasta el piso van embebidos en tubería PVC de 1" por la estructura del edificio.

El bajante debe tener una unión mediante conector bimetálico (si no se utiliza cobre) entre el conductor seleccionado y el conductor de cobre que se une a una varilla Copperweld de 2,4 m de longitud x 5/8" de diámetro.

El sistema de puesta a tierra de la protección externa contra descargas atmosférica es una configuración tipo A, la cual incluye electrodos verticales, conectados a cada bajante. Los

electrodos verticales consistirán en varillas de copperweld de 5/8” x 2.4m y los electrodos horizontales en cable de cobre No. 1/0 AWG, las puestas a tierra deben estar enterradas a 0,7 m.

#### **7.2.4.1.2 CONFIGURACIÓN DE LA PUESTA A TIERRA.**

Cada sistema de bajantes proveniente del sistema de apantallamiento para protección contra descargas atmosféricas tiene asociado un conductor de calibre 1/0 en cobre desnudo enterrado directamente sobre el suelo y cuya distancia es de 5m para cada conductor (compensación o contrapeso). Este sistema permite obtener una baja resistividad del terreno y en su defecto garantiza una alta confiabilidad en caso de una falla en el sistema eléctrico.

Las varillas de puesta a tierra son varillas copperweld de 2.4 m x 5/8” el cual están unidas con soldadura exotérmica al cable de compensación o contrapeso y a su vez al bajante proveniente del sistema de captación.

#### **NOTAS:**

- El cable por utilizar será en cobre blando con conductividad al 97 % No 1/0 certificado.
- Los electrodos serán de 2.4m de longitud y 5/8” de diámetro certificados.

Tabla 12. Características de electrodos de puesta tierra

Material	Conductividad (%)	Tm (°C)	Kf	Longitud (m)	Diámetro (mm)
Cobre Blando	100	1083	7	2.40	15,87

1. Se deberá instalar como mínimo una caja de inspección de 40 x 40 cm en una de las uniones del cable de compensación con los electrodos del SPT (ver figura Figura 15).

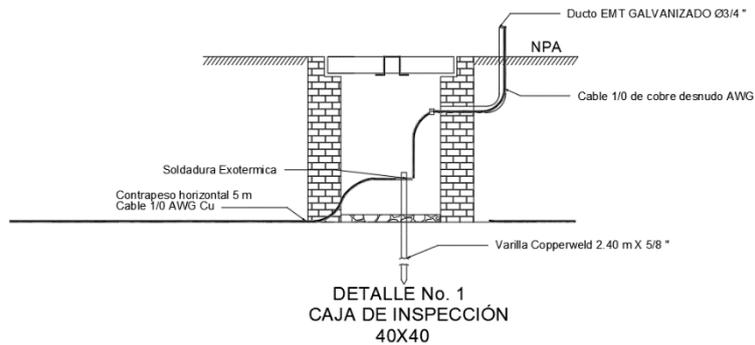


Figura 15. Detalle caja de inspección [9].

2. Los respectivos bajantes se equipotencializarán.
3. En todo momento se deberá seguir los lineamientos del artículo 15 del RETIE (Resolución 90708 del 30 de agosto de 2013) y la sección 250 de la NTC 2050 Código eléctrico Colombiano.
4. Los conductores horizontales deben quedar a 50 cm bajo la superficie. No se permite el uso de aluminio en los electrodos de puestas a tierra. Las cabezas de los electrodos tipo varilla deben quedar a una profundidad mínima de 50 cm.
5. Los tratamientos químicos al terreno ofrecen una reducción de los valores de resistividad hasta en un 90%.
6. De acuerdo con IEC 61000-5-2/1997 y el RETIE, todas las puestas a tierra deben estar interconectadas a través de bajas impedancias.
7. Para las conexiones se debe emplear soldadura exotérmica y conectores que cumplen con las recomendaciones de la norma IEC 60364-5-54 / 542.3.2 o la IEEE-837, con el objeto de reducir las resistencias de contacto

#### **7.2.4.2 SISTEMA DE PROTECCIÓN INTERNO (SPI)**

##### **7.2.4.2.1 SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES DPS.**

De la norma NTC 4552-1 en el capítulo E.5 información general relacionada con DPS. Para evitar arcos eléctricos o cortocircuitos que puedan ser originados por sobretensiones transitorias ya sea por impacto directo de rayo en estructuras o en sus acometidas de servicios (tales como electricidad, teléfono, gas, ductos metálicos), al igual que tensiones inducidas por impactos indirectos o lejanos, que puedan generar incendios, se debe equipotencializar las acometidas de servicios, pantallas de cables, y otras partes metálicas normalmente no energizadas.

Los lineamientos expuestos están de acuerdo con los principios de coordinación de aislamiento; por lo tanto, los equipos para los cuales se especifican los métodos de mitigación deben tener definido una categoría de sobretensiones; es decir, un nivel básico al impulso (BIL) de acuerdo con su ubicación en las instalaciones. Los parámetros técnicos mínimos para especificar un DPS se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 13. Bil requerido según niveles de tensión

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

Los parámetros básicos para especificar el DPS son: tensión nominal, máxima tensión de operación continua, nivel de protección en tensión y la corriente nominal de descarga.

- **Tensión nominal** del proyecto es (120-240V), sistema monofásico trifilar.
- **Máxima tensión de operación continua:** debe ser mayor o igual a 1,1 veces la tensión nominal máxima del sistema más 5% de variación de voltaje permitido al operador de la Red.

- **Nivel De Protección En Tensión:** El nivel requerido para los equipos a proteger es de Equipo Electrónico en categoría II, conectado a 120-240 V, cuyo valor es de  $\leq 800V$

### **7.2.5 ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO**

El riesgo eléctrico se produce en toda tarea que implique actuaciones sobre instalaciones eléctricas de baja, media y alta tensión, utilización, manipulación y reparación del equipo eléctrico de las máquinas, así como utilización de aparatos eléctricos en entornos para los cuales no han sido diseñados.

- **CHOQUE ELÉCTRICO** por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo) o con las masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
- **QUEMADURAS** por choque eléctrico o por arco eléctrico.
- **CAÍDAS O GOLPES** producidos como consecuencia del choque o arco eléctrico.
- **INCENDIOS O EXPLOSIONES** originadas por la electricidad.

### **7.2.6 Efectos De La Corriente**

Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo pueden ocasionar desde lesiones físicas secundarias (golpes, caídas, etc.), hasta la muerte por fibrilación ventricular.

Para las quemaduras se han establecido unas curvas (figura\_) que indican las alteraciones de la piel humana en función de la densidad de corriente que circula por un área determinada ( $mA/mm^2$ ) y el tiempo de exposición a esa corriente. Se distinguen las siguientes zonas:

- Zona 1: habitualmente ninguna reacción.
- Zona 2: habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso.

- Zona 3: habitualmente ningún daño orgánico. Con duración superior a 2 segundos se pueden producir contracciones musculares dificultando la respiración, paros temporales del corazón sin llegar a la fibrilación ventricular.
- Zona 4: riesgo de paro cardiaco por: fibrilación ventricular, paro respiratorio, quemaduras graves.

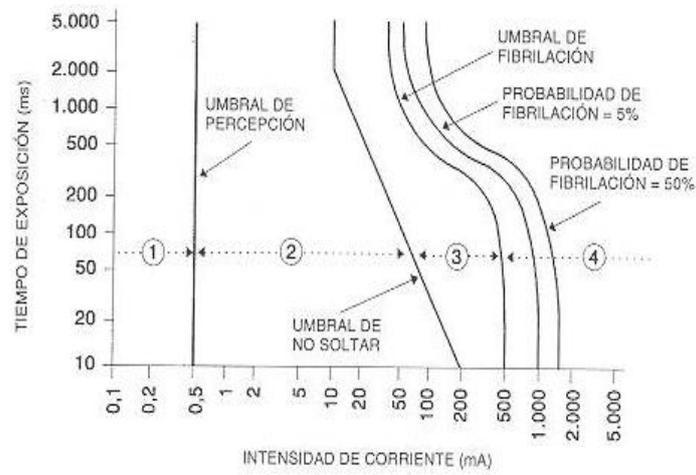


Figura 16. Efecto de la corriente alterna sobre la piel

En la siguiente tabla se identifican los factores de riesgo asociados al proyecto y su correspondiente nivel de riesgo asociado según lo indica la matriz de riesgo eléctrico basada en el RETIE.

FACTOR DE RIESGO POR ARCOS ELÉCTRICOS										
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica se pueden presentar quemaduras eléctricas por malos contacto , cortocircuitos.										
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar avisos de precaución, tableros bien cerrados y debidamente rotulados.										
RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemadura			por	Arcos Eléctricos			(al) o (en)	RED SECUNDARIA 240/120 V	
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE			
POTENCIAL	x			REAL	FRECUENCIA					
En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
					No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
C O N S E C U E N C I A S	Una o mas muertes (E5)	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Marca con una x en nivel correspondiente ->									
	Incapacidad parcial permanente (E4)	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Marca con una x en nivel correspondiente ->									
	Incapacidad temporal (> 1 día) (E3)	Daños severos. Interrupción Temporal (D3)	Contaminación localizada (D3)	Regional (D3)	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Marca con una x en nivel correspondiente ->									
	Lesión menor (sin incapacidad) (D2)	Daños importantes Interrupción breve (D2)	Efecto menor (D2)	Local (D2)	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Marca con una x en nivel correspondiente ->										
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral) (E1)	Daños leves, No Interrupción (D1)	Sin efecto (D1)	Interna (D1)	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	
Marca con una x en nivel correspondiente ->										

Figura 17. Análisis de factores de riesgo según proyecto.

FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO DIRECTO										
<b>POSIBLES CAUSAS:</b> En el desarrollo de la instalación primaria en media tensión se pueden presentar electrocución por negligencia de técnicos y por violación de las distancias mínimas de seguridad.										
<b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Establecer distancias de seguridad, utilizar elementos de protección personal, instalar puestas a tierra solidas.										
RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemaduras			por	Contacto directo			(al) o (en)	RED SECUNDARIA 240/120 V	
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)				FUENTE	
POTENCIAL	X		REAL		FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	E	D	C	B	A	
										E
					No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
Marca con una x en nivel correspondiente ->										
	Incapacidad parcial permanente (D4)	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Marca con una x en nivel correspondiente ->										
	Incapacidad temporal (> 1 día) (D4)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Marca con una x en nivel correspondiente ->										
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes Interrupción breve E2	Efecto menor	Local E2	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Marca con una x en nivel correspondiente ->										
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Marca con una x en nivel correspondiente ->										

Figura 18. Factores de riesgo asociados al proyecto.

Tabla 14. Análisis de factores de riesgo asociado al proyecto

Factor de riesgo	Gravedad	Frecuencia	Riesgo
Arco eléctrico	Alta	Remoto	Bajo
Ausencia de electricidad	Muy bajo	Improbable	Muy bajo
Contacto directo	Alto	Remoto	Medio
Contacto indirecto	Medio	Remoto	Medio
Cortocircuito	Medio	Remoto	Medio
Eléctricidad estática	Muy bajo	Remoto	Bajo
Equipo defectuoso	Bajo	Remoto	Muy bajo
Descargas atmosféricas	Alta	Remoto	Medio
Sobrecarga	Bajo	Remoto	Bajo
Tensión de paso	Alto	Improbable	Medio
Tensión de contacto	Alto	Improbable	Medio

Las medidas para mitigar o reducir el nivel de riesgo calculado se presentan en la siguiente tabla, las decisiones y acciones para controlar el riesgo, tal y como lo establece el RETIE.

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

**RETIE: TABLA 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo**

Figura 19. Factores de riesgo asociados al proyecto.

### 7.2.7 ANÁLISIS DEL NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO

Los niveles de tensión requeridos son los ofrecidos por el operador de redes de la ciudad, así como los requerimientos de los equipos a instalar.

El nivel de tensión requerido dependerá directamente de los niveles nominales de voltaje de los diferentes equipos eléctricos, electrónicos y electromecánicos que formen parte del proyecto (Motobombas, compresores, equipos médicos especiales, motores, etc.).

Tabla 15. Tensión requerida.

Análisis de tensión requerida	
Tensión de la red [V]	7620
Carga instalada [KVA]	60,245

Carga demandada [KVA]	26,935
Tensión de servicio del transformador [V]	240/120
Tensión de equipos especiales [V]	220
Tensión para iluminación [V]	120
Tensión para cargas de salidas generales [V]	120

### 7.3 Galpones de pollo Santa Rosa

Además de los proyectos principales, también se realizó un prediseño de establecimiento de galpones de pollo siguiendo el artículo 28.3.5. del RETIE, el cual hace referencia de que se deben cumplir los lineamientos de la sección 547 de la NTC 2050. Este proyecto no fue adjudicado a la empresa.

Igual a los otros proyectos eléctricos, se analiza que especificaciones desea el cliente, cuales son las cargas a instalar, que tipo de requerimientos tienen las máquinas, la iluminación de este tipo de instalaciones. Luego de esto, se procede hacer un estudio de la norma, como se podrán hacer los diseños del proyecto.

Para el caso de instalaciones agrícolas, se debe cumplir el artículo 28.3.5. del RETIE, el cual se debe verificar que las instalaciones eléctricas en edificaciones con alto contenido de humedad, polvo, polvo con agua o atmosferas corrosivas, como las presentes en establos, granjas agrícolas, avícolas o porcícolas, cumplan los requisitos establecidos en la sección 547 de la NTC 2050.

En los edificios agrícolas descritos en el Artículo 547-1.a) y b), el alambrado se debe hacer con cables de tipo UF, NMC, SE de cobre u otros cables o canalizaciones adecuados para el lugar, con accesorios de terminación aprobados. Para este literal, se debe utilizar un cable con aislamiento UF, centelsa tiene una gran variedad de cables y

se escogió el cable centeflex plus, el cual tiene un aislamiento UF (UF: Es resistente al calor y a la humedad) y es utilizado para ambientes corrosivos. La instalación de este cable se puede hacer del modo convencional, usando los conectores adecuados descritos en las secciones 320 y 502 de la NTC 2050. Sin embargo, todos los cables se deben sujetar a menos de 0,20 m de los armarios, cajas o herrajes.

Los interruptores, interruptores automáticos, controladores y fusibles, incluidos los pulsadores, relés y dispositivos similares utilizados en las edificaciones agrícolas deben ser protegidos ante el polvo excesivo y polvo con agua, además de las atmósferas corrosivas. Estos elementos por lo menos deben tener una protección IP 52.

Los motores y otros equipos eléctricos rotativos deben estar totalmente cerrados o diseñados de modo que se evite al máximo la entrada de polvo, humedad o partículas corrosivas.

Los artefactos de alumbrado instalados en los edificios agrícolas descritos en el Artículo 547-1, deben cumplir las siguientes condiciones:

- a) Minimizar la entrada de polvo. Los artefactos de alumbrado se deben instalar de modo que se evite al máximo la entrada de polvo, materias extrañas, humedad y materias corrosivas.
- b) Expuestos a daños físicos. Todos los artefactos de alumbrado que puedan estar expuestos a daños físicos, se deben proteger mediante un resguardo adecuado.
- c) Expuestos al agua. Todos los artefactos de alumbrado que puedan estar expuestos al agua por condensación, a la utilizada en la limpieza del edificio o en solución, deben ser herméticos al agua.

Además de esto, se deben cumplir con los niveles de iluminación que requiere este tipo de establecimientos, que es aproximadamente de unos 50 luxes, según el RETILAP.

Tabla 16. Niveles de iluminación requeridos en galpones de pollo.

2. Agriculture building			
Loading and operating of goods handling equipment and machinery	200	25	80
Building for livestock	50	28	40
Sick animal pens, calving stalls	200	25	80
Feed preparation, dairy, utensil washing	200	25	80

En la propuesta se recomienda usar una luminaria de IP 65, ya que es hermética y además es resistente a los golpes, con una temperatura del color cálida o neutra.



#### CARACTERÍSTICAS

- Luminaria LED para ambientes con alto grado de humedad y suciedad, como parqueaderos, instalaciones industriales, plantas de procesamiento de alimentos y cocinas.
- Tipo de montaje: Sobreponer o descolgar en techo, instalación sencilla con clips de montaje y ganchos para fácil mantenimiento.
- Chasis en ABS, difusor en policarbonato opalizado que reduce el deslumbramiento.
- Tipo de distribución: Directo.
- Cubierta opalizada.



CÓDIGO	POTENCIA (W)	TENSIÓN DE OPERACIÓN (V)	FACTOR DE POTENCIA	FLUJO LUMINOSO (lm)	EFICACIA (lm/W)	TEMP. DE COLOR (K)	ANG. DE APERTURA (°)	IRC	VIDA ÚTIL * (h)
P27369	20	100-240	>0.90	1.800	90	4.000	120	80	50.000

Figura 20. Luminaria marca Sylvania para galpones de pollo.

La puesta a tierra y las conexiones equipotenciales deben cumplir lo establecido en la Sección 250.

Para las cajas y tuberías, deben estar expuestos a daños físicos, expuestos al polvo con agua y a los ambientes corrosivos. Por lo tanto, se debe utilizar tubería IMC, y cajas radwell para cumplir la hermeticidad necesaria en este tipo de ambientes.

## 8 Conclusiones

- Las normas y reglamentos nacionales deben ser cuidadosamente estudiados y analizados buscando una adaptación eficiente y segura para el buen funcionamiento del diseño a realizar.
- Para iniciar un proceso de diseño de instalaciones eléctricas residencial, es necesario conocer conceptos y bases teóricas/ practicas sencillas que nos ayuden a comprender mejor este proceso.
- El presente diseño requirió de la búsqueda de información acerca de los requisitos técnicos de las diferentes cargas especiales que se encuentran en la zona húmeda, zona social y zonas recreativas.
- Los diferentes cálculos, cuadros de cargas y planos eléctricos permitieron una óptima realización de las memorias de cálculo, evitando riesgos eléctricos.
- Para tener un proceso mucha más eficiente en el desarrollo de los proyectos, es indispensable conocer la información que se tiene, además de esto, ser muy organizado con ella, para no tener confusiones al momento de desarrollar los informes.
- Los comités de obra tienen como fin, comunicar con los otros profesionales de la obra los posibles inconvenientes que se estén presentando, por lo que siempre se debe procurar asistir. El haber estado en comités de obra desde el inicio de la práctica académica fue fundamental para ganar confianza y tener seguridad al momento de tener que participar en estos.

## 9 Referencias

- [1] Autor, Certicol, (s.f), Inspección de Instalaciones Eléctricas, descargado <http://www.certicolas.com/index.php/9-servicios-certicol/15-inspeccion-de-instalaciones-para-uso-final-de-energia-electrica>
- [2] Autor, Luis Ernesto Mejía Castro, marzo 2006, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas; descargado de [http://www.upme.gov.co/docs/cartilla\\_retie.pdf](http://www.upme.gov.co/docs/cartilla_retie.pdf)
- [3] Autor, Unipamponaingelectrica, junio 2014, NTC 2050, descargado de <https://instalacioneselectricasmdmr.wordpress.com/2014/06/10/ntc-2050/>
- [4] Autor, Unipamponaingelectrica, junio 2014, NTC 2050, descargado de <https://instalacioneselectricasmdmr.wordpress.com/2014/06/10/ntc-2050/>
- [5] QuimiNet.com. (16 de 11 de 2011). *QuimiNet*. Recuperado el 09 de 2018, de ¿Qué es un sistema fotovoltaico?: <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-sistema-fotovoltaico-2638847.htm>
- [6] UPME; “*Ley 1715/2014 Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional*”. [Online]. Colombia: Unidad de Planeación Minero-energética, Colombia, 2014. Disponible en: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1715\\_2014.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html)
- [7] Wikipedia. (05 de 02 de 2019). *Wikipedia*. Free Cooling: <https://es.wikipedia.org/wiki/Dom%C3%B3tica>
- [8] Clase domótica
- [9] Norma EPM, M. Descentralizada, “Ra8-017 0.”

- [10] N. Técnica, “Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos). parte 2: manejo del riesgo,” no. 571, 2008.

