

REDISEÑO ELÉCTRICO COLEGIO N.S. DEL ROSARIO CACHIRÁ

Rediseño de la Instalación Eléctrica del Colegio Nuestra Señora del Rosario de Cáchira
Incorporando un Sistema Fotovoltaico y un Manual de Mantenimiento Para Garantizar su
Correcto Funcionamiento a Largo Plazo.

Andrés Mantilla Pereira, Jorge Luis Ortega Guerrero y Anderson Enrique Corzo Ariza

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Electricista

Director

Rolando Andrés Rincón Saravia

Ingeniero electricista, magíster en dirección de empresas MBA

Codirector

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Ingeniero electricista, doctor en tecnología

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones Ingeniería eléctrica

Bucaramanga

2025

Agradecimientos

Quiero agradecer principalmente a mi familia , a mi Tata por cada día exigirme cada día de mi vida para formarme como un profesional y su apoyo inconmensurable , quiero agradecer a mi tía Karen por el apoyo desde niño , todos mis logros durante mi vida a sido por gran parte por su ayuda, no solo la veo como mi tía si no como una de mis madres, quiero también agradecer a mis tía Lina y mi tía Sandra por el apoyo tanto en la carrera como emocional , todos han sido un gran apoyo para que yo finalmente terminara mi carrera y formarme como persona e ingeniero .

Agradecer mi director Rolando Andrés Rincón Saravia, que nos ayudó con las dudas que tuve durante este proceso del proyecto, que siempre fue una persona que cada día se puede aprender una nueva cosa, brindando ayuda a lo largo de esta trayectoria como estudiante e ingeniero en formación.

Una mención especial a los amigos que durante la carrera me apoyaron y enseñaron que nunca hay que rendirse y seguir adelante: Frank, Laura, Diego, Anderson, Jorge, Jaybel y Nicolas. les expreso mi más sincero agradecimiento por ser parte de esta etapa de mi vida. También menciono los amigos del centro de estudio que aprendí mucho de ellos y que hicieron parte de mi ciclo como estudiante.

Finalmente agradezco a todos aquellos que, de una forma u otra, contribuyeron a mi formación como estudiante e ingeniero y crecimiento personal. Este logro no solo es mío sino de todos los que me acompañaron durante mi vida en la universidad industrial de Santander.

Andres Mantilla Pereira

Agradecimientos

Primero que todo, quiero agradecerle a Dios por darme la sabiduría, la paciencia y la fortaleza para culminar este proyecto de grado. Su guía constante me permitió mantenerme firme, aún en los momentos más difíciles, y me llenó de esperanza cuando el camino parecía incierto.

A mis padres y a mi nona, les debo mucho más que palabras. Gracias por su apoyo incondicional, por sus consejos sinceros, por nunca soltarme la mano incluso en los días en que parecía que todo se derrumbaba. Me enseñaron con su ejemplo que el esfuerzo y la perseverancia son los verdaderos motores del progreso. Gracias por darme siempre lo esencial, y aún más que eso: por regalarme su fe y su amor cuando más lo requería.

A mi hermana, que, con solo una mirada, una sonrisa o una palabra, lograba devolverme la fuerza que creía perdida. Tu presencia fue un faro de esperanza en momentos oscuros, y por eso siempre te llevaré conmigo en cada logro que alcance.

A todas las personas que estuvieron presentes en este recorrido: familia, amigos, compañeros, cada uno aportó su granito de arena para que hoy este sueño sea una realidad. A mis compañeros del proyecto de grado, quienes, a pesar de las dificultades, nunca perdieron el ánimo ni la disposición de continuar. Su entrega y compromiso me enseñaron el verdadero valor del trabajo en equipo.

A mis compañeros de carrera, que no dudaron en ofrecerme su mano amiga cuando la necesitaba. En cada intercambio de ideas, cada ayuda inesperada, cada gesto de solidaridad, dejaron una huella imborrable en mi formación académica y personal.

REDISEÑO ELÉCTRICO COLEGIO N.S. DEL ROSARIO CACHIRÁ

Y por supuesto, a los profesores que hicieron de esta carrera una experiencia enriquecedora. Su dedicación, pasión por enseñar y exigencia me impulsaron a dar lo mejor de mí. Gracias por despertar en mí un amor profundo por esta profesión y por mostrarme que más allá de los números, cálculos y normas, la ingeniería eléctrica también puede transformar vidas.

Este trabajo de grado no es solo el cierre de una etapa académica; es el reflejo de todos los momentos compartidos, las lágrimas, las risas, los logros y los tropiezos. A todos ustedes, gracias por hacer parte de esta historia.

Anderson Enrique Corzo Ariza

Agradecimientos

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi papá, Jorge, y a mi mamá, Janeth, quienes me enseñaron a esforzarme y a dar siempre lo mejor de mí, incluso cuando las circunstancias no eran las más favorables. También agradezco de corazón a mi abuela Adela y a mi abuelo Enrique, quienes me brindaron un apoyo incondicional durante toda mi etapa universitaria; sin su ayuda, alcanzar esta meta habría sido imposible.

A mis hermanos, Óscar y Robinson, les estoy infinitamente agradecido por cada palabra de aliento que me motivó a seguir adelante.

Extiendo mi gratitud a mi tía Fanny y a su esposo, Javier, por su apoyo constante desde mi infancia y por todo lo que me han enseñado; así como a mi tío Pedro, quien siempre me motivó y me demostró que, con trabajo y dedicación, se pueden lograr grandes cosas. No puedo dejar de mencionar a mi tía Marisol, quien siempre tenía las palabras precisas para reconfortarme en los momentos difíciles.

Finalmente, quiero agradecer a todos mis amigos, quienes estuvieron a mi lado cuando más los necesitaba y fueron una compañía invaluable a lo largo de estos años. Sin el apoyo y la presencia de cada uno de ellos, este logro no habría sido posible.

Jorge Luis Ortega Guerrero

Tabla de Contenido

Introducción	12
1. Objetivos.....	13
1.1. Objetivo general.....	13
1.2. Objetivos específicos	13
1.3. Justificación	14
2. Levantamiento eléctrico.....	15
2.1. Planos eléctricos	16
2.2. Diagramas unifilares	16
2.3. Estado del sistema protección contra rayos	17
2.4. Estado de la Iluminación.....	19
2.5. Estado del sistema de puesta a tierra	19
2.6. Registro Fotográfico	20
3. Diseño detallado	20
3.1. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	21
3.2. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección.....	21
3.3. Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos.....	22

3.4.	Coordinación de aislamiento eléctrico.....	22
3.5.	Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra.	23
3.6.	Análisis del nivel tensión requerido.....	24
3.7.	Sistema de puesta a tierra.....	24
3.8.	Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.....	25
3.9.	Especificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor, de acuerdo con la norma IEC 60909 u otra equivalente.....	26
3.10.	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.	27
3.11.	Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas porta cables y volumen de encerramientos (cajas, candeletas, armarios, etc.)	27
3.12.	Cálculos de regulación de tensión.	28
3.13.	Diagramas unifilares.	29
3.14.	Planos eléctricos para construcción.	29
3.15.	Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.	29
3.16.	Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.	30

4. Diseño de iluminación	30
4.1. Selección de luminarias	31
5. Diseño fotovoltaico tipo On-Grid	32
6. Manual de mantenimiento	33
7. Presupuestos y especificaciones técnicas	34
8. Conclusiones	36
Referencias bibliográficas.....	39

Lista de Apéndices

Los apéndices están adjuntos en el repositorio:

Apéndice A. Cuadro de cargas.

Apéndice B. Manual de mantenimiento de la instalación.

Apéndice C. Unifilares.

Apéndice D. Diseño detallado sistema fotovoltaico.

Apéndice E. Memorias de cálculo DIALUX.

Apéndice F. Planos eléctricos.

Apéndice G. Fichas técnicas de iluminación y equipos nuevos.

Apéndice H. Presupuesto.

Apéndice I. Sistema puesta tierra.

Apéndice J. Diseño detallado de la instalación eléctrica.

Apéndice K. Cálculos de regulación de tensión y pérdidas de potencia con CENS.

Apéndice L. Registro fotográfico.

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

Apéndice N. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas

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

Resumen

Título: Rediseño de la instalación eléctrica del Colegio Nuestra Señora del Rosario de Cáchira incorporando un sistema fotovoltaico y un manual de mantenimiento para garantizar su correcto funcionamiento a largo plazo.

Autores: Jorge Luis Ortega Guerrero, Anderson Enrique Corzo Ariza, Andrés Mantilla Pereira.

Palabras clave: Instalación eléctrica, Iluminación, Sistema fotovoltaico, Perfil de cargas.

Descripción

El propósito de la actualización eléctrica del Colegio de Nuestra Señora del Rosario es mejorar tanto la calidad de servicio y la eficiencia de la instalación eléctrica, con énfasis particular en la distribución, iluminación de las cargas, manual de manteniendo y sistema de energía fotovoltaico para mejorar el rendimiento tanto del sistema como de los estudiantes de dicha escuela. Además de cumplir con la regulación actuales de Colombia como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP). Este proyecto tiene como objetivo asegurar un funcionamiento adecuado de las instalaciones y una reducción de consumo de energía incorporando un sistema fotovoltaico. El proyecto se ha organizado en varias fases fundamentales para el correcto cumplimiento de las metas para alcanzar el objetivo. Para evaluar el estado actual de la infraestructura eléctrica, se realizarán primero visitas técnicas detalladas para mirar el estado de esta. Para identificar los lugares de mal funcionamiento presentes y las áreas que requieren mejoras, estas visitas brindan datos sólidos para el diseño detallado que se presentará posteriormente.

Además, al incorporar un sistema de paneles solares fotovoltaicos, aportarían un nivel de protección superior tanto del medio ambiente como a la disminución del consumo de energía.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director Rolando Andrés Rincón.

Abstract

Title: Redesign of the Electrical Installation at Colegio Nuestra Señora del Rosario in Cáchira, incorporating a Photovoltaic System and a Maintenance Manual to Ensure its Long-Term Reliable Operation.

Authors: Jorge Luis Ortega Guerrero, Anderson Enrique Corzo Ariza, Andres Mantilla Pereira.

Keywords: Electrical installation, Lighting system, Photovoltaic system, Load profile.

Abstract:

The electrical system upgrade of Colegio Nuestra Señora del Rosario aims to improve both service quality and system efficiency, with special emphasis on load distribution, lighting, maintenance planning, and the integration of a photovoltaic energy system. The project also ensures compliance with Colombian technical regulations, such as the Electrical Installations Technical Regulation (RETIE) and the Public Lighting Technical Regulation (RETILAP). Its main objective is to guarantee optimal performance of the electrical facilities while reducing energy consumption through the implementation of solar photovoltaic generation. The methodology included technical field inspections to assess the current condition of the infrastructure, followed by the development of a detailed design that addresses identified deficiencies. A load profile was created, along with photovoltaic system simulations, to evaluate power capacity and its potential contribution to reducing conventional consumption.

Additionally, a maintenance manual was developed to provide practical guidelines for the proper operation and long-term reliability of both the electrical installation and the photovoltaic system.

*Bachelor Thesis

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director Rolando Andrés Rincón

Introducción

El presente proyecto tiene como objetivo el rediseño de la instalación eléctrica del Colegio Nuestra Señora del Rosario de Cáchira, con el fin de mejorar su eficiencia energética y garantizar un suministro eléctrico más sostenible. Como parte del rediseño, se incorpora un sistema fotovoltaico que permitirá aprovechar la energía solar para satisfacer parte de la demanda energética del colegio, contribuyendo a la reducción de costos operativos y al cuidado del medio ambiente. Este enfoque responde a la necesidad de integrar energías renovables en las instituciones educativas, como una estrategia para hacer frente a los retos del cambio climático y la creciente demanda energética, mientras se optimizan los recursos económicos del colegio.

El rediseño no solo contemplará la instalación del sistema fotovoltaico, sino que también incluirá una actualización y optimización del sistema eléctrico actual, garantizando que cumpla con las normativas vigentes y los estándares de seguridad. Esto permitirá corregir posibles deficiencias existentes y adaptarse a las exigencias tecnológicas actuales, brindando una infraestructura que responda de manera eficiente y segura a las necesidades energéticas de la institución.

Además, se desarrollará un manual de mantenimiento detallado que asegurará el correcto funcionamiento tanto de la instalación eléctrica como del sistema fotovoltaico a largo plazo. Este manual proporcionará pautas claras y prácticas para la preservación de los equipos, permitiendo que se maximice su vida útil y se minimicen las interrupciones en el suministro energético.

A través de este proyecto, se busca no solo modernizar la infraestructura eléctrica del colegio, sino también fomentar una cultura de sostenibilidad y eficiencia energética entre la comunidad educativa. El proyecto permitirá a los estudiantes y al personal docente conocer de

primera mano el funcionamiento y las ventajas de las energías renovables, promoviendo una conciencia ecológica que puede trascender el ámbito académico e influir positivamente en la comunidad.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Rediseñar la instalación eléctrica del colegio Nuestra Señora del Rosario, Cáchira, incorporando un sistema fotovoltaico, acompañado de un manual de mantenimiento para garantizar su correcto funcionamiento a largo plazo.

1.2. Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento detallado de las instalaciones eléctricas y dimensionar el sistema de iluminación del Colegio Nuestra Señora del Rosario en Cachira.
- Rediseñar las instalaciones eléctricas internas y el sistema de iluminación, garantizando el cumplimiento de las normativas vigentes, como el RETIE (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2024); NTC 2050 (ICONTEC , 2021); NTC 4595 (ICONTEC, 2007) y RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2010).
- Diseñar un sistema fotovoltaico tipo On-Grid, considerando la demanda energética del colegio y asegurando su conformidad con la normativa actual.
- Elaborar un manual de mantenimiento para la instalación eléctrica y el sistema fotovoltaico, orientado a prolongar la vida útil de los sistemas implementados.

- Calcular las cantidades de obra y el correspondiente presupuesto del proyecto, según los diseños propuestos.

1.3. Justificación

Dadas las necesidades actuales para incrementar la eficiencia operativa de las instalaciones eléctricas, El Colegio Nuestra Señora del Rosario de Cáchira enfrenta desafíos importantes relacionados con la antigüedad y el desgaste de su sistema eléctrico actual. La infraestructura eléctrica existente no solo presenta deficiencias en términos de seguridad y eficiencia, sino que también ha mostrado un aumento en el consumo energético, lo que ha generado un incremento en los costos operativos. Además, la dependencia exclusiva de la red eléctrica convencional deja al colegio vulnerable ante posibles interrupciones en el servicio, afectando el desarrollo de las actividades académicas.

En un contexto donde la sostenibilidad energética es una prioridad global, el colegio carece de fuentes alternativas de energía que puedan contribuir a la reducción de su huella de carbono y a la mitigación del impacto ambiental asociado a su consumo eléctrico. Esto representa una oportunidad desaprovechada para incorporar tecnologías más limpias, como los sistemas fotovoltaicos, que podrían transformar el modo en que la institución gestiona sus recursos energéticos.

Por otra parte, la falta de un manual de mantenimiento específico para los sistemas eléctricos y fotovoltaicos agrava la situación, ya que la ausencia de un programa estructurado de mantenimiento puede conducir a fallas prematuras, interrupciones frecuentes en el suministro eléctrico y un aumento en los costos de reparación a largo plazo.

En este contexto, surge la necesidad de rediseñar la instalación eléctrica del colegio, incorporando un sistema fotovoltaico que no solo garantice un suministro energético más seguro y eficiente, sino que también promueva el uso de energías renovables. Asimismo, la elaboración de un manual de mantenimiento es crucial para asegurar el correcto funcionamiento y la perdurabilidad tanto de la nueva instalación eléctrica como del sistema fotovoltaico, minimizando los riesgos de fallas y optimizando la inversión a lo largo del tiempo.

2. Levantamiento eléctrico

Con el objetivo de realizar el levantamiento eléctrico del colegio Nuestra Señora del Rosario, se llevaron a cabo cuatro visitas técnicas posteriores a la aprobación del proyecto. Estas visitas tuvieron como finalidad evaluar el estado actual de las instalaciones eléctricas y del sistema de iluminación, sirviendo como base para el desarrollo del nuevo diseño detallado conforme a la normativa vigente RETIE (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2024).

Durante las visitas, se efectuaron mediciones de la instalación eléctrica existente, y se sostuvieron conversaciones con el personal docente y directivo —incluyendo al rector— con el fin de identificar las principales deficiencias percibidas por los usuarios del plantel. Esta retroalimentación fue fundamental para incorporar mejoras funcionales y de seguridad en el nuevo diseño.

El levantamiento eléctrico permitió evidenciar múltiples deficiencias en la instalación actual, entre ellas: conductores sin canalización (sin tubería PVC), tomas eléctricas mal instaladas, luminarias mal sujetas o colgando, y una total falta de cumplimiento con los requisitos establecidos por el RETIE (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2024). Además, se constató la ausencia de un sistema de iluminación de emergencia, elemento crítico para la seguridad de los ocupantes.

Tanto el personal administrativo como los estudiantes expresaron su inconformidad con el deficiente sistema de iluminación, especialmente durante las horas nocturnas, lo que representa un riesgo en términos de visibilidad y seguridad. Frente a esta situación, se concluyó que es necesaria una revisión integral de la instalación eléctrica y del sistema de iluminación, con el fin de garantizar condiciones seguras, eficientes y conformes con la normativa técnica actual.

Las condiciones encontradas fueron documentadas mediante registros fotográficos, los cuales se presentan en el Apéndice L como evidencia del diagnóstico realizado.

2.1. Planos eléctricos

Con el propósito de recopilar información precisa sobre los sistemas eléctricos existentes del colegio Nuestra Señora del Rosario, se realizó una solicitud formal a la oficina de planeación para obtener los planos eléctricos de la edificación. En respuesta, se informó que dichos planos no se encontraban disponibles en formato digital, sino únicamente en formato físico.

Como parte del proceso de levantamiento eléctrico y con base en los planos físicos suministrados durante las visitas técnicas, se procedió a la actualización y digitalización de la información utilizando la herramienta AutoCAD. Esta labor permitió generar planos eléctricos actualizados, que fueron fundamentales para el diseño detallado del nuevo sistema eléctrico. Los planos resultantes se encuentran recopilados en el Apéndice F de este documento.

2.2. Diagramas unifilares

Con el fin de contar con información precisa sobre la configuración de la instalación eléctrica existente, se solicitó a la División de Planta Física del colegio el diagrama unifilar correspondiente. Sin embargo, no se recibió respuesta ni documentación al respecto.

Ante la ausencia de esta información, fue necesario realizar un levantamiento eléctrico detallado, lo cual permitió identificar los circuitos activos, la ubicación de los tableros de distribución y las conexiones internas del sistema eléctrico.

A partir de los datos obtenidos en campo, se elaboró un nuevo diagrama unifilar utilizando la herramienta AutoCAD. Este diagrama actualizado incluye información detallada sobre las acometidas eléctricas, los tableros de distribución en baja tensión (BT), las cargas conectadas y los dispositivos de protección correspondientes. El diagrama se presenta en el Apéndice C como parte de la documentación técnica del proyecto.

2.3. Estado del sistema protección contra rayos

Durante la visita técnica realizada al colegio Nuestra Señora del Rosario, se llevó a cabo la inspección del sistema de protección contra descargas atmosféricas. En dicha revisión no se identificaron elementos fundamentales como puntas captadoras, bajantes, conductores de enlace ni puentes de conexión equipotencial asociados a un sistema de puesta a tierra.

La ausencia de estos componentes sugiere que la edificación no cuenta actualmente con un sistema de protección contra rayos ni con una red de puesta a tierra funcional, lo cual representa un riesgo considerable para la seguridad de las personas, los equipos eléctricos y la infraestructura en general.

Ante esta situación, se recomienda incluir en el diseño detallado un sistema completo de protección contra descargas atmosféricas, conforme a lo establecido en el RETIE (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2024) y la NTC 4552-1 (ICONTEC, 2017), a fin de mitigar posibles daños por sobretensiones inducidas o directas.

Tableros de baja tensión

Figura 1

Tablero de distribución general del colegio



El tablero eléctrico, ubicado en el pasillo junto a la escalera principal del colegio, corresponde al único tablero de distribución presente en la edificación. Durante la inspección técnica se identificaron varias anomalías relevantes. En primer lugar, se evidenció un desbalance en la distribución de carga entre las fases, generado por una asignación desigual de los circuitos derivados, lo cual puede ocasionar sobrecargas, pérdidas energéticas y afectaciones en el rendimiento del sistema.

Adicionalmente, se constató que el tablero no cuenta con un diagrama unifilar visible ni actualizado, lo cual dificulta su correcta operación, mantenimiento y diagnóstico ante fallas. Esta

ausencia representa un incumplimiento frente a las exigencias del RETIE (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2024) y limita la trazabilidad del sistema eléctrico.

2.4. Estado de la Iluminación

Durante la visita técnica se realizó una inspección detallada de los espacios funcionales del colegio Nuestra Señora del Rosario, incluyendo las aulas de clase, la sala de profesores, la oficina del rector, el laboratorio, el salón de informática y el aula máxima. Como resultado de esta evaluación, se concluyó que el sistema de iluminación es deficiente e ineficiente.

Se identificó que varias luminarias no están operativas, mientras que otras no cumplen con los niveles mínimos de iluminación exigidos por la normativa vigente, afectando negativamente el confort visual y el desempeño académico y laboral de los ocupantes. Además, se constató la ausencia total de un sistema de iluminación de emergencia, lo cual representa un riesgo significativo en caso de fallos en el suministro eléctrico o situaciones de evacuación.

Los hallazgos mencionados fueron debidamente documentados mediante registros fotográficos, los cuales se encuentran recopilados en el Apéndice L como evidencia del estado actual de la iluminación en las distintas áreas del plantel.

2.5. Estado del sistema de puesta a tierra

Durante la visita técnica al edificio, se llevó a cabo una inspección visual de los sistemas eléctricos con el objetivo de verificar la existencia y el estado del Sistema de Puesta a Tierra (SPT). Como resultado de esta revisión, se determinó que las instalaciones no presentan una conexión física evidente a tierra.

No se identificaron elementos visibles correspondientes a la malla de puesta a tierra, ni se encontraron registros técnicos, planos, memorias de cálculo o informes de medición que respalden la existencia, funcionamiento o cumplimiento normativo del sistema. La ausencia de estos elementos representa una condición crítica desde el punto de vista de la seguridad eléctrica, al no garantizar una correcta disipación de corrientes de falla o descargas atmosféricas.

2.6. Registro Fotográfico

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron cuatro visitas técnicas al colegio Nuestra Señora del Rosario, con el propósito de recolectar información en campo que respaldara el levantamiento eléctrico y el diseño detallado. Cada una de estas visitas fue documentada mediante registros fotográficos, permitiendo visualizar de forma clara y detallada las condiciones reales de la infraestructura eléctrica existente, así como los elementos relevantes observados durante el recorrido.

Las evidencias gráficas recopiladas constituyen un soporte visual importante para la comprensión del diagnóstico inicial y las decisiones de diseño adoptadas. Estas fotografías se encuentran organizadas y compiladas en el Apéndice L, el cual presenta una selección representativa de imágenes tomadas en cada visita técnica.

3. Diseño detallado

El presente capítulo expone los parámetros técnicos al diseño detallado del sistema eléctrico para las instalaciones del colegio Nuestra Señora del Rosario. Dicho desarrollo se realiza en estricto cumplimiento con los lineamientos y exigencias establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2024). Este

proceso tiene como objetivo garantizar la seguridad, la eficiencia energética y la conformidad normativa de la instalación eléctrica proyectada.

A continuación, se presenta el paso a paso del diseño detallado, estructurado conforme a los requerimientos técnicos y procedimientos definidos en el RETIE (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2024).

3.1. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

Las anomalías detectadas durante la inspección técnica han sido documentadas en el Apéndice D y en el Apéndice J, ítem A, donde se presenta de forma detallada la información correspondiente y el procedimiento recomendado para su corrección. Estas acciones están orientadas a garantizar el cumplimiento de la normativa vigente y la seguridad de los usuarios de la instalación.

En caso de tratarse de anomalías que representen un riesgo inminente para la integridad de las personas o el funcionamiento seguro de los equipos, se recomienda que las correcciones se realicen de manera inmediata y prioritaria.

Adicionalmente, se incluyen tablas que ilustran los factores de riesgo eléctrico más comunes, sus posibles causas y las medidas de protección asociadas. También se presentan las decisiones y acciones aplicables según los distintos niveles de riesgo eléctrico, con el fin de evaluar y gestionar de forma adecuada el grado de exposición al riesgo dentro de las instalaciones.

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

De acuerdo con la evaluación realizada, se determinó que el riesgo por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) no aplica para el Colegio Nuestra Señora del Rosario, ubicado en el municipio de Cachirá, ya que las condiciones del lugar no representan un nivel de amenaza significativo. La ubicación geográfica, las características de la infraestructura y el análisis de vulnerabilidad indican que la probabilidad de impacto directo o de afectación relevante a las instalaciones es baja. Los resultados detallados de la evaluación y el análisis técnico se presentan en el Apéndice N.

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

Una vez identificadas todas las necesidades energéticas del colegio Nuestra Señora del Rosario —incluyendo los sistemas de iluminación, tomacorrientes, interruptores y equipos eléctricos instalados en los distintos espacios—, se procedió a realizar el correspondiente análisis de cargas como parte fundamental del diseño eléctrico.

Con base en esta información, se elaboró el cuadro de cargas, el cual se encuentra detallado en el Apéndice A. En dicho cuadro se especifica el número de circuitos ramales, los niveles de corriente estimados, los dispositivos de protección requeridos para cada circuito, así como los valores de caída de tensión y los calibres de conductor seleccionados conforme a la normativa vigente.

Adicionalmente, durante el análisis se consideraron aspectos como el factor de potencia y la presencia de armónicos, variables que pueden incidir en el rendimiento, la eficiencia energética y la estabilidad del sistema eléctrico si no se controlan adecuadamente.

3.4. Coordinación de aislamiento eléctrico.

Como parte del análisis normativo, se concluye que, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2024), la frontera entre baja y media tensión se define en una tensión nominal de 1 000 V. Por lo tanto, cualquier instalación con una tensión nominal igual o inferior a este valor se clasifica como de baja tensión (BT), y no está sujeta a las disposiciones técnicas específicas aplicables a instalaciones de media tensión (MT), tales como el análisis de aislamiento que requiere diseño detallado y validación especializada.

En consecuencia, se determina que dicho requerimiento no aplica para la instalación eléctrica del colegio Nuestra Señora del Rosario, ya que opera completamente dentro del rango de baja tensión. Esta conclusión se encuentra sustentada en el Apéndice J, ítem D, donde se presentan las referencias normativas correspondientes.

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

Como parte fundamental del diseño eléctrico, se llevó a cabo un análisis técnico detallado de tres condiciones críticas que pueden comprometer la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema: el cortocircuito, el arco eléctrico y la falla a tierra. Estas situaciones corresponden a eventos anormales que, si no se evalúan y gestionan adecuadamente, pueden representar un riesgo significativo para la integridad de las personas, causar daños graves a los equipos eléctricos y afectar la estabilidad operativa de toda la instalación.

Los cálculos realizados se fundamentan en metodologías reconocidas a nivel internacional, tales como la norma IEC 60909 (International Electrotechnical Commission (IEC), 2016) para la estimación de corrientes de cortocircuito, el estándar IEEE 1584 (Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2011) para la evaluación de riesgos por arco eléctrico, y los

lineamientos del RETIE 2024 (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2024), aplicables a instalaciones eléctricas en Colombia.

El desarrollo completo de este análisis, junto con los resultados obtenidos y las consideraciones técnicas adoptadas, se encuentra documentado en el Apéndice O.

3.6. Análisis del nivel tensión requerido.

En el caso del colegio Nuestra Señora del Rosario, la instalación eléctrica se encuentra conectada a un sistema de baja tensión ($BT \leq 1\,000\text{ V}$), por lo tanto, no aplica la necesidad de realizar un análisis de cambio o selección de nivel de tensión.

No se contempla ninguna solicitud de modificación del nivel de tensión existente, y el diseño se mantiene dentro de los rangos de tensión normalizados en Colombia, conforme a lo establecido por la Norma Técnica Colombiana NTC 1340 (ICONTEC, 2002).

Este criterio y su respectiva justificación se encuentran referenciados en el Apéndice J, ítem D.

3.7. Sistema de puesta a tierra.

Para el diseño de puesta a tierra se toman las recomendaciones de la NTC 2050 (ICONTEC, 2021) y el RETIE (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2024). Según el RETIE (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2024) y sugerencias vistas en otros proyectos el calibre utilizado para el sistema de puesta a tierra es # 1/0 AWG de cobre desnudo.

Para el cálculo de las varillas se utiliza una longitud de 2,44 [m] y un diámetro de varilla de 5/8 '' o 0,015875 [m] de cobre como lo indica la NTC 2050 (ICONTEC, 2021) sección 250.52(A)(5). El diseño del sistema puesta a tierra se conoce como un arreglo de 3 electrodos en

línea donde la separación D son 5 [m], el arreglo se muestra en la siguiente figura. La profundidad a la que estarán enterrados los electrodos del sistema de puesta a tierra es de 0,5 [m].

Para una descripción detallada de los cálculos, parámetros y resultados obtenidos, se remite al Apéndice I.

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

Para la selección adecuada de los conductores eléctricos, se partió del cálculo de la carga instalada, empleando los cuadros de carga presentados previamente. El cuadro incluido en el Apéndice A fue formulado para facilitar la determinación de las corrientes por circuito, permitiendo así establecer con precisión el calibre requerido para cada conductor.

Adicionalmente, se realizó un análisis económico integral, cuyo desarrollo se encuentra en el Apéndice J, ítem J. Este análisis no solo permite validar la viabilidad técnica de los conductores seleccionados, sino también su eficiencia económica a largo plazo, considerando los siguientes factores:

- La pérdida de potencia (W) asociada a la resistencia de los conductores.
- La energía desperdiciada a lo largo de un periodo de 25 años.
- El costo inicial del conductor seleccionado.
- El costo acumulado por la energía perdida durante su vida útil.
- El costo total del sistema por tipo de conductor, resultado de la suma entre inversión inicial y pérdidas energéticas.

Este enfoque garantiza que la solución eléctrica propuesta sea no solo técnicamente adecuada, sino también rentable y sostenible desde el punto de vista económico. El cálculo económico se mostrará más específicamente en el Apéndice J, ítem J.

3.9. Especificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor, de acuerdo con la norma IEC 60909 u otra equivalente.

La selección y el dimensionamiento de los conductores se realizó con base en los criterios técnicos establecidos por la normativa vigente, en particular la norma IEC 60909 (International Electrotechnical Commission (IEC), 2016), que regula el cálculo de corrientes de cortocircuito en sistemas de potencia, o su equivalente aplicable.

Con el fin de garantizar la integridad térmica de los conductores y la seguridad del sistema eléctrico ante condiciones de falla, se consideraron los siguientes aspectos fundamentales:

- La corriente de cortocircuito máxima que podría circular en caso de una falla eléctrica, lo que determina el nivel de esfuerzo térmico al que estará sometido el conductor.
- El tiempo de actuación de los dispositivos de protección, es decir, el lapso que tarda el interruptor en desconectar el sistema ante una falla, el cual incide directamente en la cantidad de energía térmica que el conductor debe soportar.
- La capacidad de conducción de corriente en condiciones normales de operación, para asegurar que el conductor no experimente sobrecalentamientos durante su funcionamiento cotidiano.

Todos los cálculos detallados, así como las tablas de referencia y las justificaciones técnicas empleadas para esta especificación, se encuentran desarrollados en el Apéndice A en el cuadro de cargas y en el Apéndice J, ítem K del presente documento.

3.10. 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.

De acuerdo con el RETIE 2024 (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2024), el sistema eléctrico proyectado en baja tensión ha sido diseñado con una estructura jerárquica de protecciones que garantiza la seguridad de las personas, la integridad de los equipos y conductores, así como la continuidad del servicio frente a eventos de sobre corriente, ya sea por sobrecarga o cortocircuito.

En cumplimiento de lo dispuesto por la norma IEC 60947-2 (International Electrotechnical Commission, 2016), específicamente su Anexo A, se justifica la aplicación de una coordinación de protecciones basada en la capacidad de limitación de corriente de los dispositivos seleccionados. Esta estrategia permite optimizar la selectividad, reducir esfuerzos térmicos y minimizar el daño en caso de fallas.

El desarrollo detallado de esta coordinación y los criterios técnicos empleados se presentan en el Apéndice J, ítem M del presente documento.

3.11. Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas porta cables y volumen de encerramientos (cajas, candeletas, armarios, etc.)

En cumplimiento con lo establecido en la NTC 2050 (ICONTEC , 2021) – Sección 16, se realizaron los cálculos correspondientes para las canalizaciones eléctricas del proyecto, empleando ductos metálicos tipo conduit EMT y tubería PVC, según la ubicación y condiciones ambientales de la instalación.

Las canalizaciones fueron dimensionadas para garantizar un porcentaje de ocupación inferior al 40%, asegurando una adecuada disipación térmica y permitiendo futuras labores de mantenimiento o expansión.

Los resultados de estos cálculos, junto con la selección de bandejas porta cables y el dimensionamiento de los encerramientos eléctricos (como cajas, candeletas y armarios), se encuentran descritos en detalle en el Apéndice J, ítem N del presente documento.

3.12. Cálculos de regulación de tensión.

Para el cálculo de la regulación de tensión se aplicó la metodología 2.4.1 descrita en la Guía de CENS, la cual establece el procedimiento y la fórmula específica para realizar este tipo de análisis. Esta metodología considera los siguientes parámetros fundamentales:

- Factor de corrección
- Momento eléctrico
- Voltaje de línea
- Constante de regulación

Cada uno de estos valores fue determinado a partir de los datos del sistema eléctrico del proyecto y posteriormente incorporado en un modelo de cálculo desarrollado en Excel, el cual permite evaluar la caída de tensión con precisión.

Los resultados y procedimiento con los valores utilizados se encuentran detallados en el Apéndice K.

3.13. Diagramas unifilares.

El diagrama unifilar correspondiente al proyecto se encuentra anexado y representa la infraestructura eléctrica propuesta. Este incluye tanto el diagrama unifilar general del sistema eléctrico del colegio como los diagramas individuales de cada tablero de distribución, permitiendo una visualización clara y detallada de la configuración y conexión de los elementos eléctricos.

Toda esta información está disponible en el Apéndice C en “Unifilar Nuevo” del presente documento.

3.14. Planos eléctricos para construcción.

Los planos eléctricos del proyecto se encuentran anexos y representan en detalle la infraestructura eléctrica propuesta para el colegio. Estos planos constituyen una guía fundamental para la ejecución de la obra, ya que incluyen la distribución de circuitos, ubicación de tableros, canalizaciones, puntos de iluminación, tomas y demás elementos del sistema.

Toda la documentación gráfica correspondiente se presenta de forma detallada en el Apéndice F en “Planos Nuevos”.

3.15. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.

Las especificaciones técnicas complementarias a los planos incluyen la descripción detallada de los materiales, equipos eléctricos y demás elementos que conforman la instalación, así como sus condiciones particulares de uso e instalación.

Para ello, se elaboró un presupuesto detallado que considera cada componente requerido en el sistema eléctrico, especificando su cantidad, características técnicas y valor unitario. Esta información permite asegurar la correcta adquisición y aplicación de los materiales conforme a los requerimientos del proyecto.

Toda esta información se encuentra documentada en el Apéndice H.

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

En primera instancia, se evaluó la demanda energética requerida para cubrir las necesidades del colegio, mediante un aforo detallado que permitió establecer un perfil de carga. Este perfil se construyó a partir del análisis de los equipos instalados en el tablero ubicado en el pasillo principal y de las horas promedio de uso diario de dichos equipos.

El cálculo detallado del dimensionamiento del sistema se encuentra en el Apéndice M, mientras que el informe completo del sistema fotovoltaico está disponible en el Apéndice D.

4. Diseño de iluminación

Se seleccionó una luminaria tipo LED PANEL RD NW UNV de 30 W, en comparación con las anteriormente instaladas. Como se mencionó en otros apartados del proyecto, se evidenciaron múltiples inconformidades relacionadas con la iluminación del colegio. Por esta

razón, se elaboró un diseño completamente nuevo, cumpliendo con todos los parámetros establecidos por la normativa vigente, tales como los niveles de iluminancia (lux) y el control del deslumbramiento en cada zona del colegio.

Asimismo, se identificó la ausencia de un sistema de iluminación de emergencia, lo cual representa un riesgo tanto para el personal administrativo como para los docentes en caso de una eventual falla del suministro eléctrico.

Para realizar este estudio se usó el software de DIALux simulando cada zona interna del colegio, de manera que se pueda garantizar el dicho cumplimiento de la norma, posteriormente teniendo el mejor resultado posible en dichas simulaciones.

4.1. Selección de luminarias

Para la iluminación general de las áreas como salones de clase y rectoría, se seleccionaron luminarias LED lineales modelo LINEAL COMERCIAL 40W DL UNV de SYLVANIA, destacadas por su fácil instalación a altura y su capacidad para proporcionar niveles adecuados de iluminancia y uniformidad, en cumplimiento con los valores establecidos por la norma RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2010) 2024. Adicionalmente, se consideraron aspectos como la temperatura de color y la calidad de la luz, fundamentales para los entornos de aprendizaje.

En los pasillos y zonas de circulación, se optó por luminarias de menor potencia, manteniendo criterios de eficiencia y confort visual. Para los baños, se seleccionaron luminarias tipo LED PANEL RD NW UNV de 20W, con el fin de evitar deslumbramientos causados por la cantidad y distribución de los paneles.

Toda la simulación lumínica fue desarrollada mediante el software DIALux, lo que permitió validar el cumplimiento normativo en términos de niveles de iluminancia, uniformidad y distribución de la luz.

Finalmente, se instalaron luminarias de emergencia LED EMERG R3 2x1W DESIGN, con autonomía de 90 minutos y batería recargable, ubicadas estratégicamente en pasillos y zonas de evacuación, orientadas hacia las salidas, para cumplir con los requerimientos de seguridad establecidos por la normativa vigente.

La memoria de cálculo luminotécnico y los resultados de la simulación en DIALux se encuentran detallados en el Apéndice E, mientras que las fichas técnicas de las luminarias seleccionadas están incluidas en el Apéndice G.

5. Diseño fotovoltaico tipo On-Grid

Como punto de partida para el diseño del sistema de generación fotovoltaica, se realizó un estudio detallado de la demanda energética del colegio, a partir del cual se estableció un consumo promedio mensual de 4.264,29 kWh, equivalente a un consumo anual de aproximadamente 51.171 kWh. El análisis de la curva de carga permitió identificar una demanda máxima cercana a los 30 kW, gestionada en su totalidad a través del tablero principal de baja tensión, el cual concentra la energía suministrada a los tableros secundarios del edificio. Con base en estos resultados, el sistema fotovoltaico fue dimensionado considerando una capacidad de 40,3 kWp en módulos solares y un inversor de 36 kWac, cuya potencia de inyección se limita a 22,5 kW en cumplimiento de la Resolución CREG 174 de 2021 (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2021).

El proceso de selección, dimensionamiento y especificación de los componentes del sistema fotovoltaico —como tecnología de generación no convencional— se desarrolló de manera rigurosa y se encuentra documentado en un informe técnico complementario, que incluye:

- Fundamentos y criterios de diseño.
- Cálculos eléctricos para la selección de componentes.
- Evaluación de la capacidad instalada.
- Proyección del rendimiento del sistema.
- Referencia normativa vigente.
- Fichas técnicas de los principales equipos utilizados.

Es importante destacar que, aunque se consideran posibles soluciones de generación convencional como plantas diésel, estas no forman parte del alcance de este proyecto. El cálculo detallado del dimensionamiento del sistema se encuentra en el Apéndice M, mientras que el informe técnico completo del sistema fotovoltaico está disponible en el Apéndice D.

6. Manual de mantenimiento

El manual de mantenimiento siguiente se ha elaborado como una herramienta práctica y normativa para garantizar el correcto funcionamiento, la seguridad y la durabilidad del sistema eléctrico en el colegio Nuestra Señora del Rosario en Cachira, Norte de Santander; así como del sistema fotovoltaico integrado en dicha instalación. Su redacción cumple las regulaciones vigentes en Colombia y busca establecer procesos técnicos y medidas de seguridad que disminuyan los riesgos y mejoren la eficacia de los sistemas eléctricos y solares.

Este manual va dirigido a ingenieros, técnicos eléctricos y personal de mantenimiento encargados de la instalación eléctrica del colegio. En el documento se detallan las pautas para llevar a cabo inspecciones y limpiezas, realizar pruebas de funcionamiento, resolver problemas técnicos tanto básicos como aquellos que requieran la intervención de un profesional y llevar un registro de las actividades realizadas en cumplimiento de las normas de seguridad y las mejores prácticas del sector recomendadas.

El objetivo de este manual consiste en establecer los procedimientos y buenas prácticas para un mantenimiento seguro y eficiente de la instalación eléctrica del colegio y el sistema fotovoltaico, garantizando su correcto funcionamiento, prolongando su vida útil y cumpliendo con la normativa vigente. Además, busca facilitar la planificación y ejecución de las actividades de mantenimiento para optimizar recursos y prevenir fallas futuras y así alargar la vida útil de la instalación eléctrica. Este manual se encuentra en el Apéndice B.

7. Presupuestos y especificaciones técnicas

Para el presupuesto se propone la definición de las especificaciones de los equipos y materiales a utilizar en el rediseño eléctrico y en la integración del sistema fotovoltaico. Se identificaron los costos directos de las actividades mediante el análisis de precios unitarios (APU), con base en la investigación realizada

Dentro de los ítems considerados se incluyen:

- Acometida en baja tensión: conductores THHN para fases, neutro y tierra, ductería PVC de 2", lubricantes, cintas aislantes, abrazaderas y fijaciones.

- Tableros eléctricos: tablero primario y secundarios de 18 circuitos 3F, breakers principales y termomagnéticos, borneras, canaletas internas, tornillería, anclajes, etiquetado y demás accesorios de instalación.
- Infraestructura eléctrica: tuberías PVC de ½” y ¾”, tubería EMT para canalización AC/DC FV, cajas de derivación, estructuras metálicas de soporte en aluminio o acero galvanizado.
- Sistema de iluminación: luminarias LED lineales comerciales, paneles redondos de 24 W y 30 W, además de luminarias de emergencia.
- Salidas de tomacorrientes e interruptores: tomacorrientes convencionales y GFCI, cajas octogonales y rectangulares, interruptores unipolares dobles, sencillos y conmutables, así como tomacorrientes regulados.
- Sistema fotovoltaico: módulos solares LONGI LR7-72HTH-610M, inversores Inversor MAC 36KTL3-XL, cableado solar PV1-F de 4 mm² con conectores MC4, sistema de puesta a tierra, sistema de monitoreo y comunicación Wi-Fi, y tablero de interconexión AC con protecciones (breakers, SPD y diferencial).
- Protecciones adicionales: breakers termomagnéticos de diferentes capacidades para tableros y salidas específicas.
- Cableado eléctrico complementario: conductores THHN y THHW/THWN en calibres desde #12 hasta 2 AWG, para fases, neutro y tierra de tableros principales y secundarios.

- Sistema de puesta a tierra: varillas copperweld, conductores de cobre desnudo, conectores, caja de inspección, barra de cobre electrolítica perforada, terminales, accesorios de fijación y protección, así como soldadura exotérmica y señalización.
- UPS 4000 W y sistema de ventilación: UPS online de doble conversión, gabinete de soporte, breakers de respaldo, cableado dedicado, extractor de aire axial de 12”, sensor de temperatura y rejillas metálicas con filtro antipolvo.

El desglose detallado de cada uno de los ítems mencionados se encuentra en el Apéndice H.

En este punto del diseño, se estima que la instalación eléctrica con el sistema fotovoltaico, incluyendo las acometidas, tableros, infraestructura, iluminación, salidas, protecciones, puesta a tierra y UPS, tiene un costo de \$ 184.445.040,00 COP (incluyendo imprevistos e IVA).

8. Conclusiones

Para el buen cumplimiento de los objetivos establecidos en este proyecto de investigación y el correcto desarrollo de este, se puede afirmar que el levantamiento eléctrico fue una parte fundamental para el diseño de los planos requeridos, lo cual se realizó satisfactoriamente con el uso del software de AutoCAD y DIALux. Considerando los planos administrados por el personal del colegio y las actualizaciones realizadas por nuestro equipo de trabajo se tuvo un montaje completo de sistema de eléctrico. Este proceso permitió entregar la instalación eléctrica y sistema de iluminación con las normativas vigentes en la RETIE (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2024) y RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Como nuestro objetivo principal es garantizar una buena durabilidad de cada equipo utilizado se eligieron equipos de primera calidad para cumplir con esto, se recomienda el cambio del tablero principal existente ya que se detectaron las siguientes anomalías significativas, se evidenció que

los circuitos derivados del tablero presentan una distribución desigual de la carga eléctrica entre las fases , se recomienda la implementación de 5 tableros :1 tablero principal con 12 circuitos y 4 tableros secundarios con 18 circuitos para una buena distribución de las cargas estos tableros deben cumplir con el código de colores y contar con su respectivo diagrama unifilar, además se propone colocar tubería PVC en todo el circuito ya que no cuenta con ningún tipo de protección para los cables en la actualidad . Asimismo, se sugiere reemplazar los tomacorrientes mal instalados e interruptores para cumplir con las normativas vigentes y mejorar la seguridad y eficiencia de las instalaciones eléctricas.

También se recomienda el cambio de todas las luminarias del colegio, ya que muchas no funcionan y otras no cumplen con todo el reglamento vigente, se propone cambiarlas por las utilizadas en la simulación o parecidas tal como se muestra en el Apéndice E, todo esto debido a debido a las expresiones de los docentes y estudiantes que hacen parte el colegio, para lograr un espacio de estudio más cómodo y así mismo aprovechar el espacio.

En este proyecto como se menciona en el objetivo general, cuenta con un sistema fotovoltaico que se dimensionó según las necesidades del colegio, se llevaron todos los calculo pertinentes para evaluar la viabilidad de la propuesta teniendo en cuenta el diseño detallado de la RETIE (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2024) como seguimiento principal y software como lo es PVSYST. Entre algunas de las acciones que se encuentran en el Apéndice M tenemos:

- Histórico de consumo en el año 2024.
- Disponibilidad de la red.
- Interfaz POWER NASA.
- Panel FV seleccionado.

- Inversor seleccionado .
- Selección de unidades de irradiación.
- Inclinación de los paneles FV.
- Selección de panel FV y micro inversor en PVsyst.
- Perfil de cargas.

Por último, se realizó un manual de mantenimiento para llevar a cabo un plan de mantenimiento continuo, ya que es esencial para garantizar la longevidad de las instalaciones y los equipos. Esto garantizara un ambiente más seguro para docentes e estudiantes, además evita fallos inesperados ya que es para tener más longevidad en los equipos utilizados y evitando asimismo reparaciones costosas, con estos se maximiza la productividad y se optimiza el uso de recursos estableciendo y siguiendo estrictamente el manual de mantenimiento.

Referencias bibliográficas

- Comision de Regulacion de Energia y Gas . (07 de octubre de 2021). *Gestor Normativo Alejandria 2.0*. Obtenido de https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0174_2021.htm
- ICONTEC . (2021). *NTC 2050: Código Eléctrico Colombiano*. Bogota D.C: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).
- ICONTEC. (2002). *NTC 1340: Conductores eléctricos. Identificación por colores*. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).
- ICONTEC. (2007). *NTC 4595*. Bogotá D.C: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).
- ICONTEC. (2017). *NTC 4552-1: Protección contra descargas atmosféricas – Parte 1: Principios generales*. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (2011). *IEEE Std 1548-2011: Guide for In-Service Functional Testing of Ground-Fault Protection Systems for Shunt Reactors Grounded Through Neutral Impedance*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2016). *IEC 60909: Short-circuit currents in three-phase a.c. systems*. Geneva: International Electrotechnical Commission (IEC).
- International Electrotechnical Commission. (2016). *IEC 60947-2: Low-voltage switchgear and controlgear – Circuit-breakers*. Ginebra: International Electrotechnical Commission.

Ministerio de Minas y Energía. (2010). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP)*. Bogotá D.C: Ministerio de Minas y Energía.

Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2024). *Ministerio de Minas y Energía*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-instalaciones-el%C3%A9ctricas-retie/>