

REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL BLOQUE A DEL CENIVAM. 1

Rediseño de la instalación eléctrica y sistema de iluminación del bloque A del edificio CENIVAM ubicado en la sede principal de la Universidad Industrial De Santander.

Francon Steven Uriza Valdivieso, Juan Diego Arenas Ardila.

Trabajo de Grado para Optar al título de Ingeniero Electricista

Director

Rolando Andres 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 Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones Ingeniería
Eléctrica
Bucaramanga 2025

Agradecimientos

Quiero expresar mi más eterno agradecimiento a todas las personas que, en el transcurso de mi vida universitaria, formaron parte del avance en cada uno de los retos que fueron superados. En primer lugar, agradezco a mis padres, Martha Liliana Valdivieso e Israel Uriza Delgado, junto con mi hermano, Brandon Alexis Uriza, quienes me brindaron su apoyo incondicional y me ofrecieron herramientas esenciales para el progreso de esta hazaña.

También agradezco a todos mis compañeros de la E3T, con quienes tuve la valiosa oportunidad de compartir e intercambiar experiencias, especialmente a quienes iniciaron esta travesía conmigo en el 2018-2.

A los directivos de la UIS y del CENIVAM, gracias por su disposición, colaboración, diligencia y compromiso con los aportes necesarios y permisos requeridos para la elaboración de este proyecto.

Como mención especial, quiero dar las gracias a mi mejor amiga Carmen Plata. También a mis amigos del colegio: Henry Méndez, Jerys Vega, Karen Landázabal y Mateo Acevedo. A todos mis amigos de crianza que hacen parte del grupo Villamil.

Para finalizar, agradezco a cada docente que, con su vocación y amplios conocimientos, contribuyó a mi crecimiento personal y profesional. Fue un honor ser su alumno.

Fancon Steven Uriza Valdivieso

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander, por permitirme la culminación de esta meta como miembro de la institución.

Al CENIVAM y todos sus profesionales, en especial a la Dr. Elena Stashenko; por la colaboración en todo este proceso, por permitirnos el ingreso a las instalaciones, y facilitarnos todo lo necesario para el desarrollo de este proyecto.

A todos mis compañeros de carrera, que me acompañaron en mi proceso universitario, y compartieron conmigo experiencias durante todo mi tiempo en esta escuela.

Como mención especial, agradezco a mis compañeros de vida, mis amigos, Santiago González, Luis Fernando Cantillo, Daniel Gaitán, Julio Mario Vargas y Juan Moreno, por todas las experiencias compartidas, y su constante apoyo en este proceso.

Para finalizar, a mis padres Néstor Arenas y Fanny Ardila, mis hermanos Santiago Arenas y Néstor Danilo Arenas, por ser todos ellos los promotores de todos mis sueños, enseñarme a nunca rendirme, y siempre estar ahí para mí sin importar las circunstancias.

Juan Diego Arenas Ardila

Tabla de Contenido

1. Objetivos.....	12
1.1 Objetivo General.....	12
1.2 Objetivos Específicos	12
1.3 Justificación	12
2. Consideraciones técnicas para el rediseño.....	13
2.1 Definiciones de diseño eléctrico.....	13
2.2 Definiciones de diseño de iluminación.....	14
2.3 Riesgos eléctricos	15
2.4 Clasificación del riesgo eléctrico.....	16
2.5 Coordinación de aislamiento eléctrico.....	19
2.6 Análisis de cortocircuito	19
2.7 Sistema de puesta a tierra	20
3. Revisión del cumplimiento normativo de la instalación.....	20
3.1 Estado del sistema eléctrico.....	20
3.2 Estado del sistema de iluminación.....	24
3.3 Estado del sistema de puesta a tierra	26
4. Rediseño eléctrico.....	26
4.1 Análisis de cortocircuito y falla a tierra.....	27
4.2 Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos	28
4.3 Cálculo económico de conductores.	28
4.4 Especificación de los conductores	28
4.5 Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes.	30
4.6 Cálculo de canalizaciones, bandejas portacables y volumen de encerramientos.....	31
4.7 Cálculo de regulación de tensión	32
4.8 Diagrama unifilar.....	33
4.9 Planos eléctricos	33
4.10 Coordinación de aislamiento eléctrico.....	33
4.11 Sistema de puesta a tierra.....	34
4.12 Análisis del nivel de tensión requerido	35

REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL BLOQUE A DEL CENIVAM.5

5. Rediseño del sistema de iluminación.....	36
5.1 Simulación del sistema de iluminación en DIALux EVO	36
5.2 Selección de luminarias	37
5.3 Planos de iluminación.....	37
6. Sistema de voz y datos.....	37
6.1 Selección de componentes	38
6.2 Plano voz y datos.....	39
7. Manual de mantenimiento	39
8. Conclusiones.....	39
9. Recomendaciones	40
Referencias bibliográficas	42

Lista de Figuras

Figura 1. Proceso de gestión del riesgo.....	15
Figura 2. Riesgo de arco eléctrico.....	16
Figura 3. Riesgo de contacto directo.....	16
Figura 4. Riesgo de cortocircuito.....	17
Figura 5. Riesgo de electricidad estática.....	17
Figura 6. Riesgo de sobrecarga.....	17
Figura 7. Riesgo de tensión de contacto.....	18
Figura 8. Conexión insegura de un reactor metálico.....	21
Figura 9. Derivación de fase no conforme.....	21
Figura 10. Tomacorriente y canaleta plástica deteriorados.....	22
Figura 11. Tomacorrientes cerca de tomas de agua.....	22
Figura 12. Iluminación de los pasillos.....	23
Figura 13. Iluminación especial del laboratorio JJ Thomson.....	24
Figura 14. Modelado 3D del bloque A del CENIVAM en DIALux evo.....	33

Lista de Tablas

Tabla 1. Factores de riesgo eléctrico más comunes.....	16
Tabla 2. Incumplimientos normativos presentes en el sistema eléctrico.....	20
Tabla 3. Incumplimientos normativos presentes en el sistema de iluminación	23
Tabla 4. Especificación de los conductores de los circuitos ramales	26
Tabla 5. Cálculo y dimensionamiento de protecciones	28
Tabla 6. Regulación de tensión de circuitos ramales.....	30
Tabla 7. Requisitos mínimos de la malla de puesta a tierra.....	32
Tabla 8. Niveles de tensión normalizados por la Electrificadora de Santander.....	32
Tabla 9. Elementos que conforman el sistema de voz y datos.....	34

Lista de Apéndices

Apéndice A. Listado de no conformidades

Apéndice B. Cuadro de cargas

Apéndice C. Cálculo económico de conductores

Apéndice D. Cálculo de regulación de tensión

Apéndice E. Manual de mantenimiento

Apéndice F. Cálculo de pérdidas de potencia

Apéndice G. Cálculo de tuberías y volúmenes de encerramiento

Apéndice H. Diagrama unifilar

Apéndice I. Plano eléctrico y de iluminación

Apéndice J. Cálculo de malla de puesta a tierra

Apéndice K. Memorias de cálculo del DIALux evo

Apéndice L. Plano del sistema de voz y datos

Resumen

Título: Rediseño de la instalación eléctrica y sistema de iluminación del bloque A del edificio CENIVAM ubicado en la sede principal de la Universidad Industrial De Santander*

Autor: Juan Diego Arenas Ardila, Francon Steven Uriza Valdivieso**

Palabras Clave: Instalación eléctrica, Rediseño, CENIVAM, RETIE, RETILAP, NTC 2050, Sistema de iluminación.

Descripción: El rediseño eléctrico del bloque A del CENIVAM tiene como objetivo prevenir fallas en los dispositivos y aparatos de extracción de esencia, mejorar las condiciones del espacio para trabajadores, estudiantes e investigadores. Otorgando un debido cumplimiento a las normas RETIE, RETILAP y la NTC 2050. Para ello se realizaron visitas técnicas, donde se identificaron inconformidades normativas tanto en el sistema eléctrico como el sistema de iluminación. Se consolidaron las potencias de las cargas con su ubicación y se atendieron los requerimientos de las directivas para tenerlas en cuenta en el rediseño.

En la ejecución del nuevo diseño, se elaboraron cuadros de cargas para cada tablero, cálculo de conductores, cálculo de regulación de tensión, cálculo de pérdidas, cálculo de canalizaciones, cálculo de malla de puesta a tierra, diagramas unifilares y planos eléctricos. Además, se dimensionó una UPS para el tablero regulado con el fin de salvaguardar los equipos más sensibles. Para finalizar se actualizó el sistema de voz y datos, y se elaboró un manual de mantenimiento con el propósito de preservar la calidad de los sistemas. Conforme al nuevo diseño del sistema de iluminación se efectuó una simulación con el fin de seleccionar las luminarias y su distribución, teniendo en cuenta los siguientes parámetros: nivel de iluminancia, uniformidad de iluminancia, índice de deslumbramiento (UGR) e iluminación de emergencia, dando conformidad a las especificaciones dadas por la versión actual del RETILAP.

*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 and lighting system of block A of the CENIVAM building located in the main building of the Universidad Industrial De Santander. *

Author: Juan Diego Arenas Ardila, Francon Steven Uriza Valdivieso**

Keywords: Electrical installation, Redesign, CENIVAM, RETIE, RETILAP, NTC 2050, Lighting system.

Description: The electrical redesign of Block A of CENIVAM aims to prevent failures in essence extraction devices and equipment and improve conditions for workers, students, and researchers. This is in compliance with RETIE, RETILAP, and NTC 2050 standards. To this end, technical visits were carried out, during which regulatory non-compliance was identified in both the electrical and lighting systems. The power ratings of the loads were consolidated with their location. The requirements of the directives were addressed so that they could be taken into account in the redesign.

In the execution of the new design, load tables were prepared for each panel, conductor calculations, voltage regulation calculations, loss calculations, conduit calculations, grounding mesh calculations, single-line diagrams, and electrical plans. In addition, a UPS was sized for the regulated panel in order to safeguard the most sensitive equipment. Finally, the voice and data system was updated, and a maintenance manual was prepared with the aim of preserving the quality of the systems. In accordance with the new lighting system design, a simulation was carried out in order to select the luminaires and their distribution, taking into account the following parameters: illuminance level, illuminance uniformity, glare index (UGR), and emergency lighting, in accordance with the specifications given by the current version of RETILAP.

*Bachelor Thesis

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

Introducción

La constante mejora de las instalaciones eléctricas es crucial para el progreso y desarrollo de la sociedad, dada la creciente dependencia de la energía eléctrica tanto en la industria como en los hogares. Se vuelve una necesidad asegurar la eficiencia y reducir las pérdidas en la instalación eléctrica, no solo mejora su funcionalidad, sino que también reduce los costos asociados al consumo energético.

Según el artículo “**A REVIEW OF AGING MODELS FOR ELECTRICAL INSULATION IN POWER CABLES (Choudhary, Shafiq et al., 2022)**”, se deja en evidencia que el envejecimiento en el aislamiento en los conductores representa un problema para todos los elementos de potencia en media y baja tensión, debido a la composición química de los materiales aislantes de los conductores.

En este contexto, se llevará a cabo el rediseño de la instalación eléctrica del Centro Nacional de Investigaciones para la Agroindustrialización de Especies Vegetales Aromáticas y Medicinales Tropicales (CENIVAM). Este centro acoge a estudiantes e investigadores que utilizan dispositivos eléctricos de alto valor monetario, con especificaciones precisas de consumo para su funcionamiento. El nuevo diseño tendrá modernizaciones que garantizarán una mayor confiabilidad y competitividad en el ámbito de la investigación.

El impacto de este proyecto se refleja en la vida útil de las máquinas utilizadas en la investigación, en la calidad de la iluminación, el cumplimiento a cabalidad de las normativas y en el aumento de la seguridad de la instalación. Todo esto evidencia el compromiso constante por alcanzar óptimos parámetros en eficiencia energética, promoviendo un entorno más sostenible y eficiente en el CENIVAM.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Rediseñar la instalación eléctrica y sistema de iluminación del bloque A del edificio CENIVAM, ubicado en la sede principal de la Universidad Industrial De Santander.

1.2 Objetivos Específicos

1.2.1 Evaluar el cumplimiento de las normativas RETIE, RETILAP y NTC 2050 vigentes en la instalación eléctrica y el sistema de iluminación del bloque A del CENIVAM, identificando áreas de no conformidad y proponiendo medidas correctivas.

1.2.2 Realizar un rediseño para la instalación eléctrica y el sistema de iluminación del bloque A del CENIVAM, que incluya la implementación de un sistema regulado, una red de voz y datos, y mejoras en la eficiencia energética.

1.2.3 Desarrollar un programa de mantenimiento eléctrico correctivo para el CENIVAM, que incluya inspecciones periódicas, pruebas de funcionamiento y reparaciones necesarias para garantizar la seguridad y el rendimiento adecuado de las instalaciones.

1.3 Justificación

El centro nacional de investigaciones para la agroindustrialización de especies vegetales aromáticas y medicinales tropicales -CENIVAM- es uno de los siete centros que recibe la financiación de Minciencias. Fue seleccionado mediante la convocatoria nacional para la creación de centros de investigación de excelencia de Minciencias en 2004 en el área estratégica de biotecnología e innovación agroalimentaria y agroindustrial. El CENIVAM se enfoca en el estudio integral de especies aromáticas y medicinales tropicales para el desarrollo sostenible de la agroindustria de esencias, extractos, y derivados naturales en Colombia; para lo cual se requiere de instrumentación de alta gama con requerimientos eléctricos; dado esto, se hace evidente la necesidad de que cumpla con las normativas actualizadas (NTC 2050, RETIE, RETILAP) respecto a instalaciones eléctricas, en función

de poder evitar problemas con los dispositivos eléctricos y aparatos usados en la extracción de esencia, junto a la búsqueda de mejora de las instalaciones para las personas que recurren el lugar, como lo son trabajadores y estudiantes.

Ubicado en la sede principal de la Universidad Industrial de Santander, el edificio del CENIVAM se considera antiguo, y ha sufrido de una falta de mantenimiento eléctrico, lo cual ha ocasionado que la red eléctrica presente un aumento en el consumo. A su vez, estas falencias han causado una disminución de la vida útil de los dispositivos eléctricos presentes en el CENIVAM, y junto a la escasez de innovación tecnológica, correspondiente a la falta de una UPS para salvaguardar los dispositivos especiales utilizados en procesos de investigación, y la deficiencia en la iluminación y pocos puntos de conexión, dejan en evidencia la obsolescencia de la instalación eléctrica actual. Se plantea entonces un rediseño del sistema eléctrico, mediante la implementación de un sistema regulado y una red de voz y datos. Esto con el fin de modernizar el CENIVAM, adecuándose a nuevas tecnologías para superar la amplia magnitud de problemas que representa por su antigüedad, y así reducir el riesgo de daños a equipos especiales y conservar la calidad de la instalación eléctrica, llevando todo a cabo con la realización de un manual de mantenimiento eléctrico.

2. Consideraciones técnicas para el rediseño

Para llevar a cabo el rediseño del sistema eléctrico y de iluminación del bloque A del CENIVAM, se tuvo en cuenta las consideraciones técnicas, requisitos normativos, parámetros de funcionalidad y criterios de seguridad; Con el objetivo de garantizar que el nuevo diseño cumpla con los estándares de calidad exigidos, mejorar el rendimiento del sistema y corregir los incumplimientos normativos identificados en la instalación eléctrica actual del CENIVAM, expuestos en el Apéndice A.

2.1 Definiciones de diseño eléctrico

- RETIE: El Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas (RETIE), es el encargado de establecer las condiciones técnicas que deben cumplir de manera obligatoria las instalaciones eléctricas en Colombia en todos los

niveles de tensión. Su última versión fue expedida en 2024 por la resolución 40117.

- **Carga:** Son aquellos elementos o equipos presentes en la instalación que requieren un consumo eléctrico para su funcionamiento.
- **Capacidad instalada:** Es la capacidad nominal de carga que se puede instalar en un sistema eléctrico.
- **Balance de cargas:** El balance de cargas consiste en tener una distribución de cargas equitativa entre las fases que componen la instalación eléctrica, para prevenir caídas de tensión.
- **Regulación de tensión:** La regulación de tensión consiste en mantener dentro del rango de tolerancia permitido la tensión en caso de tener cambio de carga o una variación constantemente de la tensión de entrada.
- **Pérdidas:** Es la energía que no es aprovechada de ninguna manera, pero si se cuantifica en el consumo.
- **Protecciones:** Las protecciones en una instalación eléctrica son los dispositivos utilizados para salvaguardar tanto a los equipos como a la integridad de las personas en caso de falla.
- **Sistema UPS:** Las fuentes de alimentación ininterrumpidas UPS, protegen de las interrupciones del servicio eléctrico a las cargas presentes en la instalación, dado que se encarga de proporcionar la potencia y tensión fiable para continuar alimentando la carga por un determinado tiempo.

2.2 Definiciones de diseño de iluminación

- **RETILAP:** El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), es el encargado de instaurar las condiciones técnicas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público en Colombia. Su última versión fue expedida en 2024 por la resolución 40150.
- **Luminancia:** Es la cantidad de luz que un objeto o superficie refleja en un ángulo determinado, se mide en candelas por metro cuadrado (cd/m^2).
- **Nivel de iluminancia:** Es la cantidad de flujo luminoso proyectada sobre una

superficie, se mide en lúmenes por metro cuadrado (luxes).

- Uniformidad de iluminancia: La uniformidad con la cual se distribuye la luz en una superficie se define como uniformidad de iluminancia. Este parámetro es calculado como la relación entre la iluminancia media y la iluminancia mínima, este valor es adimensional.
- Índice de deslumbramiento: El índice de deslumbramiento unificado (UGR), es un método que evalúa el deslumbramiento de los sistemas de iluminación en los espacios interiores, con el fin de evitar que se generen dificultades visuales. Su valor es adimensional y se encuentra en una escala de 10 a 30.
- Iluminación de emergencia: Es la que inicia su funcionamiento cuando sucede una interrupción del servicio de energía eléctrica.

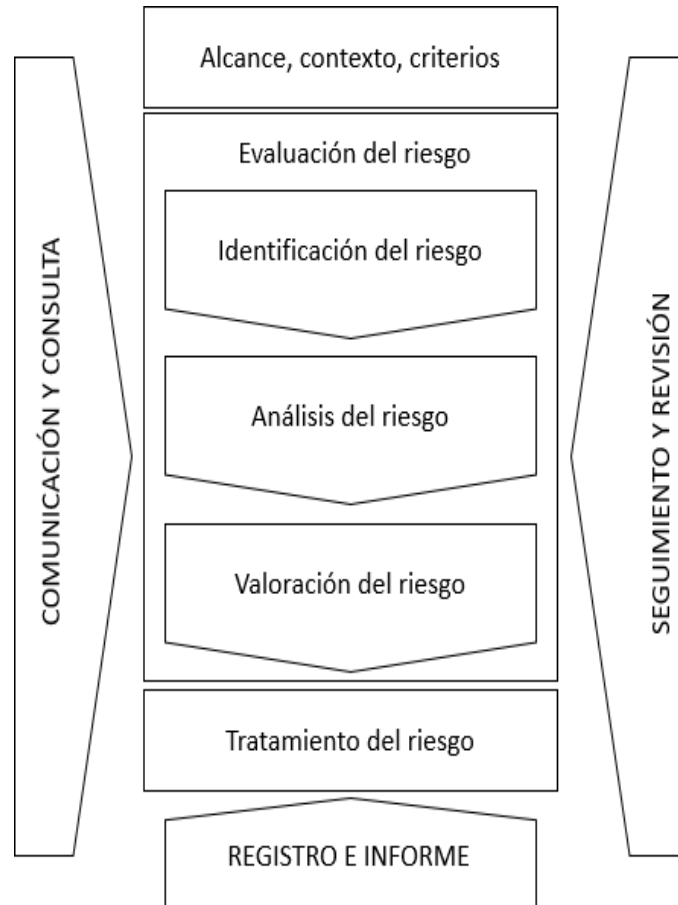
2.3 Riesgos eléctricos

Todas las instalaciones eléctricas presentan cierto nivel de riesgo debido a los factores que pueden afectar tanto a los equipos allí conectados, como al personal que concurre el lugar. Por lo tanto, es responsabilidad de los profesionales determinar los riesgos más comunes, con el fin de minimizar cualquier falla eléctrica y de carácter humano debido al desconocimiento de las personas no capacitadas en el manejo de instalaciones eléctricas.

Con el fin de gestionar los riesgos asociados a las instalaciones eléctricas se debe seguir el siguiente proceso propuesto por la NTC ISO 31000 (ICONTEC, 2018), adaptado en la Figura 1.

Figura 1.

Proceso de gestión del riesgo



Adaptada de: Norma NTC-ISO 31000 (2018).

<https://www.ramajudicial.gov.co/documents/5454330/14491339/Norma.ISO.31000.2018.Espanol.pdf/cb482b2c-afd9-4699-b409-0732a5261486>

2.4 Clasificación del riesgo eléctrico

Siguiendo el anterior proceso, para gestionar de una manera más eficiente el riesgo, es necesario en inicialmente definir el alcance, contexto y criterios, procediendo con la respectiva evaluación del riesgo.

Para esto se seleccionaron algunos factores que, al no tenerlos presentes ocasionan la mayor cantidad de accidentes, estos factores de riesgo fueron propuestos en el artículo 1.5.1.3 del RETIE, adaptado en la tabla 1.

Tabla 1.
Factores de riesgo eléctrico más comunes

Figura 2.
Riesgo de arco eléctrico



Tomado de: RETIE 1.5.1.3(2024).

Figura 3.
Riesgo de contacto directo



Tomado de: RETIE 1.5.1.3(2024).

ARCOS ELÉCTRICOS

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

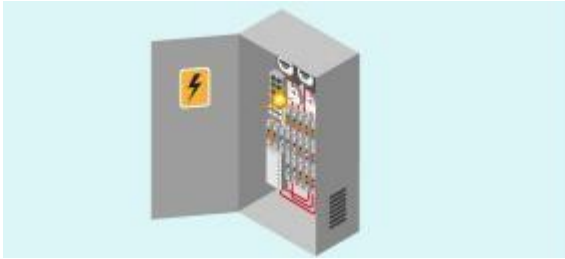
Medidas de protección: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra los rayos ultravioletas.

CONTACTO INDIRECTO

Posibles causas: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.

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

Figura 4.
Riesgo de cortocircuito



Tomado de: RETIE 1.5.1.3(2024).

CORTOCIRCUITO

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

Medidas de protección: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.

Figura 5.
Riesgo de electricidad estática



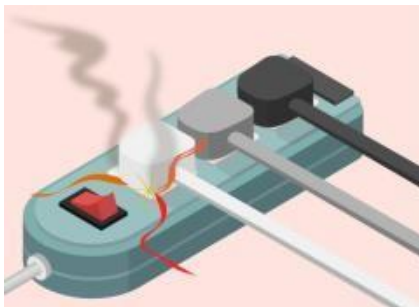
Tomado de: RETIE 1.5.1.3(2024).

ELECTRICIDAD ESTÁTICA

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

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

Figura 6.
Riesgo de sobrecarga



Tomado de: RETIE 1.5.1.3(2024).

SOBRECARGA

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

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

TENSIÓN DE CONTACTO

Figura 7.

Riesgo de tensión de contacto



Posibles causas: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.

Medidas de protección: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

Tomado de: RETIE 1.5.1.3(2024).

Adaptada de: RETIE 1.5.1.3(2024). Factores de riesgo eléctrico más comunes. https://www.minenergia.gov.co/documents/11566/4._Libro_3_-_Instalaciones.pdf

2.5 Coordinación de aislamiento eléctrico

En toda instalación eléctrica existe un riesgo inherente asociado al manejo de energía, y aunque es imposible eliminar por completo todos los riesgos que conllevan estas instalaciones; El aislamiento eléctrico juega un papel importante en la prevención de contactos accidentales. Según el RETIE, durante los procesos tanto de diseño como de rediseño eléctrico, es responsabilidad de cada ingeniero electricista garantizar el aislamiento de conductores, minimizando así la probabilidad de ocurrencia como la gravedad de estos riesgos eléctricos, asegurando que se cumplan los ensayos mínimos requeridos para los conductores usados en la instalación.

2.6 Análisis de cortocircuito

En todo proceso de diseño, rediseño, ampliación o modificación de instalaciones eléctricas se debe cumplir con los requisitos mínimos cuando se trata del análisis de cortocircuito, debido a que esto está ligado directamente con la protección contra fallas eléctricas y la seguridad de personas y equipos. Esto hace posible el correcto dimensionamiento de los interruptores termomagnéticos para los tableros de distribución en la instalación, asegurando una operación correcta ante cualquier falla ocasionada por algún factor de riesgo anteriormente visto.

2.7 Sistema de puesta a tierra

Toda instalación eléctrica debe contar con un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), excepto en los casos donde una norma técnica específica indique lo contrario. Este sistema es fundamental para proteger a las personas, tanto dentro como fuera de la instalación, frente a tensiones peligrosas de paso, contacto o transferencia que puedan superar los límites de seguridad en caso de falla.

La reglamentación establece que todas las instalaciones eléctricas deben estar correctamente aterrizadas. Esto busca evitar fallas permanentes entre dichas instalaciones y la red eléctrica.

El Sistema de Puesta a Tierra cumple varias funciones esenciales, entre las que se destacan:

- Proteger la vida humana y animal al mantener tensiones seguras en condiciones de falla.
- Facilitar la operación eficaz de los dispositivos de protección, permitiendo la detección y despeje rápido de fallas.
- Disipar eficazmente corrientes de falla, cargas electrostáticas y descargas atmosféricas.
- Garantizar una conexión de baja impedancia entre los equipos eléctricos y la tierra.

3. Revisión del cumplimiento normativo de la instalación

Se realizó una inspección general a la instalación eléctrica y sistema de iluminación del bloque A del CENIVAM, con el fin de evaluar el cumplimiento normativo establecido por las normas RETIE, RETILAP y NTC 2050. Los hallazgos a detalle se encuentran en el Apéndice A.

3.1 Estado del sistema eléctrico

La instalación eléctrica del CENIVAM se construyó en el año 2004, desde entonces el bloque A no ha sido sometido a ninguna remodelación. Previo a la visita técnica se solicitaron los planos eléctricos, diagramas unifilares y memorias de cálculo a la unidad de

planeación de la UIS, para verificar la coherencia de la instalación con el diseño. En la visita técnica se verificó que la instalación eléctrica cuenta con un equipo electrógeno con capacidad de abastecer toda la instalación, se identificó que el bloque A es alimentado por un tablero de distribución ubicado bajo las escaleras de la entrada al segundo piso del costado sur del edificio, del cual se derivan tres tableros secundarios los cuales no contaban con una correcta marcación de sus circuitos ramales al respaldar de su tapa como lo indica el ítem W del artículo 3.17.8 del RETIE.

Para lograr identificar los circuitos, se solicitó a la directiva del CENIVAM la posibilidad de desenergizar para realizar una inspección manual, dicha solicitud fue denegada debido a la operatividad del establecimiento y la necesidad de mantener los equipos energizados, esto impidió constatar que los circuitos presentes correspondan de manera correcta con el diseño inicial.

En la visita técnica se realizó la medición de tensión de los circuitos ramales con ayuda de un multímetro, todos los valores medidos se encontraban dentro del rango de desviación respecto a la tensión nominal permitida, específicamente entre 118[V] a 126[V]. Además, en la visita técnica se realizó una inspección visual de la instalación eléctrica, en la cual se descubrieron una serie de incumplimientos normativos. Los artículos establecidos en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE (Ministerio de minas y energía, 2024) y en la norma técnica colombiana NTC 2050 (ICONTEC 2005) que no se cumplen de manera satisfactoria se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 2.
Incumplimientos normativos presentes en el sistema eléctrico

Norma	Referencia	Título
RETIE	Artículo 3.17.6.6	Tubos, tuberías y accesorios
RETIE	Artículo 3.17.10	Clavijas y tomacorrientes
RETIE	Artículo 3.17.6.1	Requisitos generales para la instalación de canalizaciones

RETIE	Artículo 3.17.8	Celdas y tableros
NTC 2050	Artículo 342-5	Empalmes y derivaciones
NTC 2050	Artículo 354-15	Conexiones con armarios y salidas de pared
NTC 2050	Artículo 300-11	Sujeciones y soportes
NTC 2050	Artículo 550-8	Salidas para tomacorrientes
NTC 2050	Artículo 300-12	Continuidad mecánica de las canalizaciones y cables

Fuente: Elaboración propia.

Los hallazgos reflejan la falta de mantenimiento y el deterioro de la instalación, además se identifican irregularidades que van en contra de una de las prioridades del objeto RETIE, el cual es disminuir el riesgo o peligro inminente para la salud o la vida de personas, animales o el medio ambiente. Los incumplimientos más destacados son los siguientes:

En uno de los pasillos del primer piso se encuentra un reactor metálico bifásico, el cual se alimenta por medio de un cable, que atraviesa la pared desde el pasillo hacia el laboratorio Daniel Bernoulli, pasando por un agujero hecho con taladro, hasta llegar al tomacorriente (ver Figura 8). Esto pone en peligro la integridad de las personas en el CENIVAM y recae en incumplimientos al artículo 3.17.6.6 del RETIE y el artículo 354-15 de la NTC 2050.

Figura 8.

Conexión insegura de un reactor metálico



Fuente: Registro fotográfico

En un tomacorriente tipo IGR (tierra aislada) del laboratorio Antoine Lavoisier, se realizó un empalme dentro de la caja, con el fin de derivar la fase hacia un interruptor, el cual se conecta con un temporizador que controla una alarma luminosa de la fachada del edificio (ver Figura 9), incumpliendo con el artículo 342-5 y 300-12 de la NTC 2050.

Figura 9.

Derivación de fase no conforme



Fuente: Registro fotográfico

En el laboratorio Daniel Bernoulli se evidencia un tomacorriente el cual no se encuentra empotrado en la pared y una canaleta plástica adhesiva que deja el cableado expuesto en un tramo. Ambos elementos se encuentran en un alto nivel de deterioro (ver Figura 10), incumpliendo así con el artículo 3.17.6.1 del RETIE y el 300-12 de la NTC 2050.

Figura 10.

Tomacorriente y canaleta plástica



Fuente: Registro fotográfico

En los laboratorios Maria Skłodowska Curie y Antoine Lavoisier, se evidenciaron tomas de agua a menos de 1.80 metros de distancia de algunos tomacorrientes (ver Figura 11) , dichos tomas no eran del tipo GFCI (interruptor de circuito por falla a tierra), como lo indica el artículo 3.17.10 del RETIE.

Figura 11.

Tomacorrientes cerca de tomas de agua



Fuente: Registro fotográfico

3.2 Estado del sistema de iluminación

En la visita técnica se identificó que el estado actual del sistema de iluminación es inadecuado, presentando deficiencias e incumplimientos normativos. La iluminación del bloque A está compuesta en su mayoría por luminarias tipo tubo fluorescente, de las cuales algunas presentan reducción de iluminancia, efecto flicker (parpadeo intermitente) o se encuentran fuera de funcionamiento y no han sido reemplazadas. Las normas establecidas en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE (Ministerio de minas y energía, 2024) y en el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público – RETLAP

(Ministerio de minas y energía, 2024) que no se satisfacen se indican en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Incumplimientos normativos presentes en el sistema de iluminación

Norma	Referencia	Título
RETIE	Artículo 3.14.2	Uso de portalámparas y elementos de encendido y apagado
RETIE	Artículo 3.17.6.1	Requisitos generales para la instalación de canalizaciones
RETILAP	Artículo 3.2.1	Criterios para realizar un proyecto de iluminación interior
RETILAP	Artículo 3.2.2.6	Requisitos específicos de iluminación - Iluminancia, uniformidad, Ra y UGR
RETILAP	Artículo 3.3.4.2	Mantenimiento correctivo

Fuente: Elaboración propia.

De los problemas más detectados en el sistema de iluminación se encuentran las luminarias de los pasillos del primer piso, las cuales cuelgan de la cubierta metálica o de las vigas, sujetas por alambres. Además, se utilizan cables de alimentación conectados directamente a cajas de tomacorrientes para así energizarlas. Los interruptores eléctricos son usados para desenergizar los tomacorrientes y de esta manera encender o apagar las luminarias (ver Figura 12). Todo esto demuestra el incumplimiento de los artículos 3.14.2, 3.17.6.1 del RETIE y el artículo 3.2.1 del RETILAP.

Figura 12.

Iluminación de los pasillos

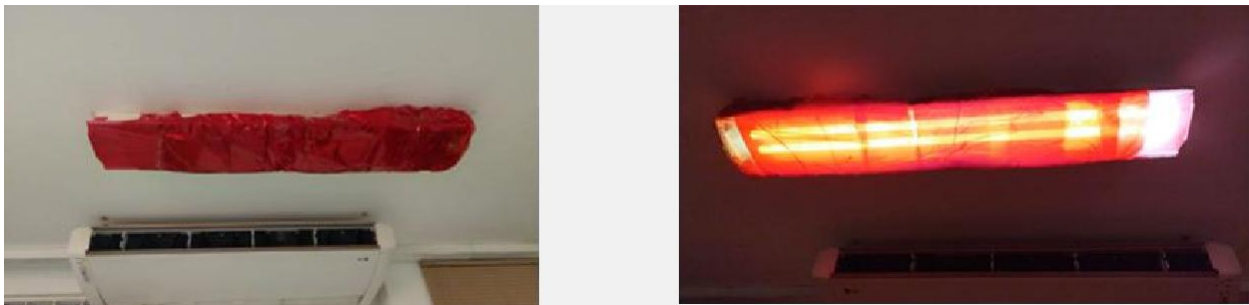


Fuente: Registro fotográfico

En el laboratorio J.J Thomson se llevan a cabo procesos de investigación y caracterización de aceites esenciales, los cuales requieren una iluminación especial similar a la de un cuarto de revelado (luz roja), dado que manejan muestras fotosensibles. Sin embargo, estas luminarias no están disponibles dentro de las instalaciones, por lo que optaron por sobreponer un papel celofán rojo a una luminaria blanca tipo LED (ver Figura 13), con el fin de obtener las características de iluminación necesarias.

Figura 13.

Iluminación especial del laboratorio JJ Thomson



Fuente: Registro fotográfico

3.3 Estado del sistema de puesta a tierra

En los documentos suministrados por el área de planeación de la universidad industrial de Santander, no se hallaron registros del sistema de puesta a tierra. En la visita técnica se evidenció la presencia de conductores a tierra en el tablero general de baja tensión. Según lo mencionado, se le consultó al encargado de mantenimiento sobre el estado de la malla de puesta a tierra, el mencionó que existía, pero afirmó que no contaba con ningún tipo de soporte.

4. Rediseño eléctrico

Con la finalidad de corregir los hallazgos mencionados en el capítulo 3, se realizó un rediseño completo de la instalación eléctrica del bloque A del CENIVAM según la versión actualizada del RETIE contemplando los ítems A, D, E, F, I, J, K, M, N, P, R, S. Asegurando otorgar un debido cumplimiento normativo y un estándar de calidad acorde a las características de la instalación. En el desarrollo del nuevo diseño eléctrico se efectuó

el dimensionamiento de las cargas del bloque A con su ubicación, se estableció como solución la integración de tres tableros eléctricos.

Para los equipos especializados utilizados en actividades de investigación que requieren un suministro de energía constante para no perder su calibración y con el fin de conservar su vida útil, se implementó un tablero personalizado regulado (TN1R) de la marca Schneider Electric, con un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) integrado de 20 KVA que otorga 30 minutos de autonomía, logrando que se realice la transferencia de la red al grupo electrógeno sin afectaciones en la calibración de los equipos. El TN1R cuenta con 12 circuitos: 8 para equipos especiales, 3 disponibles para futuros dispositivos y uno para el sistema de voz y datos, este tablero se ubica al lado derecho del TN2 respetando los 0.75 metros de espacio de área de trabajo.

El segundo tablero (TN2) tiene 12 circuitos correspondientes a todas las cargas y tomacorrientes del primer piso, es derivado del tablero de distribución (TD) ya existente, ambos se ubican bajo la escalera de la entrada sur del edificio, instalados en caras opuestas de la pared. El tercer tablero (TN3) ubicado en la segunda planta bajo las escaleras que van hacia el tercer piso, TN3 contiene los circuitos de las cargas y tomacorrientes del segundo y tercer piso. Teniendo en cuenta lo anterior, se elaboró el plano eléctrico de la instalación en el programa AutoCAD, el cual se encuentra en el Apéndice I. Asimismo, el diagrama unifilar correspondiente puede consultarse en el Apéndice H. Posteriormente se realizó un cuadro de cargas para cada uno de los tableros (revisar Apéndice B), donde se calculó la potencia, balance de fases, corriente máxima, calibre conductor y tubería para cada uno de los circuitos. Además, en el Apéndice D y Apéndice F se encuentran el cálculo de regulación de tensión y pérdidas de potencia respectivamente. Para finalizar se modernizó el sistema de voz y datos teniendo presente las necesidades de los trabajadores e investigadores del lugar y con el fin de mantener el sistema eléctrico en óptimas condiciones se elaboró un manual de mantenimiento preventivo.

4.1 Análisis de cortocircuito y falla a tierra

Cuando se realiza un diseño o rediseño de cualquier instalación eléctrica, es de suma importancia realizar un buen análisis de cortocircuito y falla a tierra. Teniendo en cuenta esto, tanto para los circuitos ramales como para la acometida se realizó la selección

correcta de los calibres que se usarán, considerando los siguientes factores: la corriente de cada circuito, tipo de elementos a conectar, distancias totales de los circuitos. Esto, con el fin de realizar el correcto dimensionamiento de los equipos de protección, priorizando siempre la seguridad del personal, estudiantes y directivos que frecuentan el lugar.

4.2 Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos

Debido al alto nivel de importancia que tiene el CENIVAM, tanto a nivel local como nacional, es de carácter prioritario instruir a todas las personas que frecuentan el lugar en torno a los riesgos eléctricos, con el fin de evitar todo tipo de problemas que se pueden presentar a nivel eléctrico. Según lo mencionado, se planteó un manual para que todas las personas puedan hacer uso óptimo de la instalación, minimizando el riesgo de ocurrencia de fallas. Este manual está disponible en el Apéndice E.

4.3 Cálculo económico de conductores.

Teniendo en cuenta los cálculos de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de energía, se realizó el cálculo económico de los conductores tomando como referencia la norma técnica NT-01 de Empresas Públicas de Medellín (EPM), compartida por la página oficial de la electrificadora de Santander (ESSA). El costo total de los conductores incluyendo costo de instalación y el costo de las pérdidas en un año es de \$7.352.633 COP y las pérdidas por año son de \$1.780.835 COP, el detalle del cálculo se encuentra en el Apéndice C.

4.4 Especificación de los conductores

Para los circuitos ramales se seleccionaron 3 tipos de calibres, Calibre 6 (Cu 6), Calibre 8 (Cu 8) y Calibre 10 (Cu 10), teniendo en cuenta parámetros como la corriente de cada circuito, la regulación de tensión, pérdidas de potencia, sección transversal, asegurándonos el cumplimiento de las normas dadas por el RETIE y la NTC 2050.

Tabla 4.

Especificación de los conductores de los circuitos ramales

Tablero de baja tensión	# Circuito	Corriente (A)	Calibre	Capacidad Amperimétrica del Conductor (A)	Sección Transversal (mm²)	Tiempo de Disparo del conductor (ms)	
TN1	CTO 1	10	Cu 10	30	5,26	141,44	
	CTO 2	16,66	Cu 8	40	8,37	358,14	
	CTO 3	10	Cu 10	30	5,26	141,44	
	CTO 4	10,83	Cu 8	40	8,37	358,14	
	CTO 5	10,83	Cu 10	30	5,26	141,44	
	CTO 6	3,54	Cu 10	30	5,26	141,44	
	CTO 8	3,54	Cu 10	30	5,26	141,44	
	CTO 9	2,92	Cu 10	30	5,26	141,44	
	CTO 11	3,54	Cu 10	30	5,26	141,44	
	TN2	CTO 1	14,83	Cu 8	40	8,37	358,14
		CTO 2	8,33	Cu 10	30	5,26	141,44
CTO 3		45,33	Cu 6	55	13,3	904,30	
CTO 4		17,16	Cu 8	40	8,37	358,14	
CTO 5		35,33	Cu 6	55	13,3	904,30	
CTO 6		38,33	Cu 6	55	13,3	904,30	
CTO 7		21,66	Cu 6	55	13,3	904,30	
CTO 8		6,21	Cu 8	40	8,37	358,14	
CTO 9		6,33	Cu 10	30	5,26	141,44	
CTO 10		3,93	Cu 10	30	5,26	141,44	
CTO 11		22,5	Cu 6	55	13,3	904,30	
TN3	CTO 1	8,33	Cu 10	30	5,26	141,44	
	CTO 2	8,33	Cu 10	30	5,26	141,44	
	CTO 3	20	Cu 10	30	5,26	141,44	
	CTO 4	10,70	Cu 10	30	5,26	141,44	
	CTO 5	19	Cu 10	30	5,26	141,44	
	CTO 6	12,5	Cu 10	30	5,26	141,44	
	CTO 7	10,66	Cu 10	30	5,26	1,414,436,881	
	CTO 8	10,83	Cu 10	30	5,26	1,414,436,881	
	CTO 9	2,82	Cu 10	30	5,26	1,414,436,881	
	CTO 10	2,75	Cu 10	30	5,26	1,414,436,881	

CTO 11	4,01	Cu 10	30	5,26	1,414,436,881
--------	------	-------	----	------	---------------

Fuente: Elaboración propia

4.5 Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes.

Para el correcto dimensionamiento de las protecciones tanto de circuitos ramales como de la acometida se tomaron en cuenta algunos parámetros importantes, tales como: el número de fases de cada circuito, la potencia total y la corriente nominal; de esta forma, al calcular una corriente en el escenario de mayor consumo “El 25% más de la corriente nominal del circuito”, se calcularon las protecciones necesarias. De esta manera, se conserva la vida útil de los equipos allí presentes, así como la integridad del personal que frecuenta los laboratorios, oficinas y zonas comunes del CENIVAM.

Tabla 5.

Cálculo y dimensionamiento de protecciones

Tablero de baja tensión	# Circuito	Corriente (A)	Protección	
<u>TN1</u>	CTO 1	9,45	1X15	
	CTO 2	16,66	1X30	
	CTO 3	9,45	2X15	
	CTO 4	10,83	2X15	
	CTO 5	10,83	2X15	
	CTO 6	3,54	2X15	
	CTO 8	3,54	2X15	
	CTO 9	2,92	1X15	
	CTO 11	3,54	2X15	
	<u>TN2</u>	CTO 1	14,83	1X20
		CTO 2	8,33	1X15
CTO 3		45,33	1X60	
CTO 4		17,16	1X30	
CTO 5		35,33	1X50	
CTO 6		38,33	1X50	
CTO 7		21,66	1X30	
CTO 8		6,21	1X15	
CTO 9		6,33	1X15	
CTO 10		3,93	1X15	

	CTO 11	22,5	1X30
	CTO 1	8,33	1X15
	CTO 2	8,33	1X15
	CTO 3	20	1X30
	CTO 4	10,70	1X15
	CTO 5	19	1X30
	CTO 6	12,5	1X20
TN3	CTO 7	10,66	1X15
	CTO 8	10,83	1X15
	CTO 9	2,82	1X15
	CTO 10	2,75	1X15
	CTO 11	4,01	1X15

Fuente: Elaboración propia

4.6 Cálculo de canalizaciones, bandejas portacables y volumen de encerramientos.

La selección y cálculo de la tubería se efectuó conforme a los requisitos exigidos por el RETIE y la NTC2050, respetando el margen máximo del 40% de llenado. El cálculo de las tuberías se evidencia en el Apéndice G.

Para la tubería que se encuentra bajo el suelo, que corresponden a las canalizaciones de los circuitos ramales que contienen las cargas y tomacorrientes de los tres tableros, se eligió una tubería tipo IMC galvanizado, teniendo presente las actividades de investigación y el tipo de terreno.

Se determinó que para las tuberías de las canalizaciones de los circuitos de iluminación deben ser expuesta y de tipo EMT galvanizado. Lo anterior, se eligió según las características del tipo techo en pasillos y cubierta del establecimiento. Para finalizar se calculó la tubería del sistema de voz y datos, para la cual se seleccionó PVC Conduit en función del tipo de cableado que almacena el cual es UTP Cat6, esta tubería irá embebida en suelo o muros.

Para los cambios de dirección a 90° de las tuberías tanto del tipo EMT y IMC galvanizadas, se realizaron por medio de una caja cuadrada estándar 4"x4" con 1.5" de profundidad y para los cambios de dirección de la tubería PVC Conduit se hará con caja cuadrada de derivación de PVC.

En los casos que las cajas no puedan ser instaladas debido a columnas u otros

objetos que lo impidan, se utilizaran condeletas o ángulos del mismo material de la tubería utilizada.

4.7 Cálculo de regulación de tensión

El cálculo de la regulación de tensión fue elaborado basándose en el Excel del ingeniero Manuel José Ortiz Rangel, este se encuentra en el Apéndice D. Para el cálculo se utilizaron los porcentajes de regulación de tensión (Caída de tensión) permitidos por la norma RETIE; En la cual se indica que para acometidas no debe superar el 3% y, la caída de tensión en alimentadores y circuitos ramales no debe ser mayor al 5%.

Para esto, en las visitas técnicas se tomaron en cuenta las cargas presentes en laboratorios, oficinas y zonas sociales del lugar; Así mismo, las distancias de estas cargas con respecto a la posición de los nuevos tableros. De esta manera, con base al número de fases necesarias, la distancia y el calibre se obtuvo la siguiente tabla extraída del Apéndice D, comprobando el total cumplimiento de la norma RETIE.

Tabla 6.
Regulación de tensión de circuitos ramales

Tablero de baja tensión	# Circuito	Regulación (%)		
		Parcial	Calculadal Total	
TN1	CTO 1	0,22	0,286	
	CTO 2	3,52	3,586	
	CTO 3	0,23	0,298	
	CTO 4	0,09	0,156	
	CTO 5	0,14	0,204	
	CTO 6	0,28	0,350	
	CTO 8	0,28	0,350	
	CTO 9	0,19	0,255	
	CTO 11	0,34	0,406	
	TN2	CTO 1	1,00	1,119
		CTO 2	1,84	1,961
CTO 3		4,75	4,87	
CTO 4		4,76	4,885	
CTO 5		3,48	3,600	
CTO 6		4,76	4,886	
CTO 7		4,77	4,890	

	CTO 8	4,22	4,342
	CTO 9	4,62	4,745
	CTO 10	2,65	2,767
	CTO 11	4,48	4,599
TN3	CTO 1	1,85	1,944
	CTO 2	2,22	2,309
	CTO 3	2,91	3,003
	CTO 4	2,85	2,935
	CTO 5	4,47	4,561
	CTO 6	1,58	1,670
	CTO 7	3,51	3,598
	CTO 8	2,87	2,963
	CTO 9	1,35	1,441
	CTO 10	1,72	1,813
	CTO 11	3,77	3,862

Fuente: Elaboración propia.

4.8 Diagrama unifilar

El diagrama unifilar del rediseño eléctrico del bloque A se elaboró utilizando el software AutoCAD. En el Apéndice H se encuentra el diagrama unifilar del rediseño, el cual contempla los

tableros TN1R, TN2 y TN3 los cuales se derivan del tablero de distribución TD. El esquema incluye la especificación de las protecciones eléctricas, los calibres de los conductores y las potencias correspondientes a cada uno de los circuitos. El cálculo de estos valores se puede consultar en los Apéndices B y D.

4.9 Planos eléctricos

Teniendo en cuenta las necesidades del bloque A, la ubicación de las cargas, la cantidad de circuitos por tablero, las trayectorias de tubería y el cumplimiento normativo de pérdidas y regulación. Se realizó el dibujo del plano eléctrico en el software AutoCAD, el cual se puede consultar en el Apéndice I.

4.10 Coordinación de aislamiento eléctrico

Con el fin de dar un correcto cumplimiento normativo a la instalación y priorizando

su seguridad, se dejó el espacio requerido frente al área de trabajo de cada uno de los tableros de distribución de la instalación. Además, se seleccionaron adecuadamente los calibres de los conductores teniendo en cuenta el nivel de tensión y la cantidad de potencia. Para cada circuito ramal se seleccionó un recubrimiento de tipo aislamiento termoplástico con una resistencia de hasta 90°C en seco con recubrimiento en Nylon (THHN). Este tipo de aislamiento se seleccionó según las características específicas presentadas en los diferentes recintos del bloque A, ya que, aunque toda la instalación es interior, existen zonas húmedas por aerosoles y solventes químicos utilizados en los procesos de investigación.

4.11 Sistema de puesta a tierra

Debido a que no se encontró ningún tipo de registro de la puesta a tierra, decidimos rediseñar esta malla usando el método IEEE STD 80, dado que es un método muy completo que tiene en cuenta tensiones de paso, tensiones de contacto, además de otros factores como la corriente de cortocircuito, materiales de la capa superficial y temperatura.

Para este método se partió de una corriente de corto circuito promedio, tomada de varios proyectos de diseño y rediseño de la ESSA, debido a que no fue posible obtener la factibilidad.

Este cálculo se realizó con base a la norma IEEE STD 80, siguiendo todos los pasos requeridos en los ejemplos allí presentes, con el fin de lograr el cumplimiento de 2 de los 3 ítems, lo que se traduce en un funcionamiento correcto de la malla de puesta a tierra. Este cálculo se evidencia en el Apéndice J.

Tabla 7.

Requisitos mínimos de la malla de puesta a tierra

GPR < Ec	
Em < Ec (tolerable)	SI
Ep (calculada) < Ep (tolerable)	SI
El diseño de la malla cumple con los requisitos mínimos de diseño	SI

Fuente: Elaboración propia.

4.12 Análisis del nivel de tensión requerido

El nivel de tensión al que estará conectado el transformador está clasificado según la Electrificadora de Santander en la siguiente tabla:

Tabla 8.

Niveles de tensión normalizados por la Electrificadora de Santander

Clasificación (Nivel)	Nivel de tensión	Tensión nominal (V)		Tensión Máxima (% de la nominal)	Tensión Mínima (% de la nominal)
		Sistemas trifásicos de 3 o 4 conductores	Sistemas trifásicos de 2 o 3 conductores		
Baja tensión (Nivel 1)	Menor o igual a 1000 V	-	120	5	-10
		120/208	-		
		-	120/240		
		127/220	-		
		220	-		
Media tensión (Nivel 2 y 3)	Mayor a 1000 V y menos a 57,5 Kv	254/440	-		
		4,16	-		
		6,3	-		
		11,4	-		
		13,2	-		
		34,5	-		

Tomada de: ESSA(2020). NTR-03

<https://www.essa.com.co/site/Portals/proveedores/normas-tecnicas-transicion/ntr-03-redes-aereas-de-baja-tension.pdf?ver=2021-10-19-162943-823>

Según la anterior tabla, el transformador designado estará conectado entre media tensión (13,2kV y baja tensión 120/208), con un sistema trifásico de 4 conductores (Fase-Fase- Fase- Neutro).

5. Rediseño del sistema de iluminación

Para brindarle un mejor sistema de iluminación al bloque A del CENIVAM y enmendar los incumplimientos normativos identificados en el capítulo 3, Se realizó un nuevo diseño del sistema de iluminación teniendo presente la norma RETILAP actualizada. Contrastando con el sistema de iluminación actual, el nuevo diseño cuenta con una tubería EMT expuesta. Las luminarias son tipo LED, las cuales se encuentran conectadas a los circuitos exclusivos de iluminación permanentemente y son controladas por interruptores ubicados de forma estratégica. Además, se encuentran suspendidas por medio de varillas.

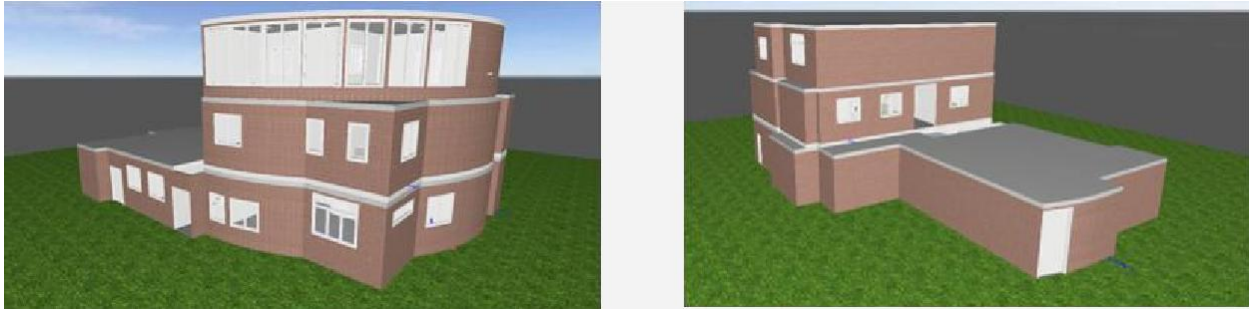
Conforme el caso puntual de la iluminación especial que requiere el laboratorio J.J Thomson en sus procesos de investigación, se seleccionó una luminaria rectangular con dos tubos LED rojos de 15W. Para finalizar, se incluyó el sistema de iluminación en el manual de mantenimiento, con el fin de prevenir su deterioro y asegurar su calidad y funcionalidad a lo largo del tiempo.

5.1 Simulación del sistema de iluminación en DIALux EVO

Partiendo de los planos arquitectónicos suministrados por planeación, se realizó un plano 3D del bloque A en DIALux evo, donde se dio a cada sección del establecimiento un tipo de uso, con el fin de realizar una simulación teniendo en cuenta los parámetros de nivel de iluminancia, uniformidad de iluminancia, índice de deslumbramiento (UGR) e iluminación de emergencia. La memoria de cálculo de la simulación se detalla en el Apéndice K.

Figura 14.

Modelado 3D del bloque A del CENIVAM en DIALux evo



Fuente: captura de pantalla DIALux

5.2 Selección de luminarias

La selección de tipo de luminarias, sus respectivas potencias y cantidades; Además de su distribución en cada uno de los espacios interiores del establecimiento, se realizó a partir de una simulación en DIALux evo, con el fin de satisfacer los parámetros anteriormente mencionados (sección 5.1) como lo indica el RETILAP. El detalle de las luminarias seleccionadas se evidencia en el Apéndice K.

5.3 Planos de iluminación

Conforme a las memorias de cálculo de DIALux expuestas en el Apéndice K y los Apéndices D y F, que demuestran el cumplimiento de los circuitos de iluminación con respecto a pérdidas y regulación. Se realizó el plano de iluminación en el software AutoCAD, el cual se evidencia en el Apéndice I.

6. Sistema de voz y datos

Para la elaboración del nuevo sistema de voz y datos se consideraron criterios de diseño, tales como: la selección de la tubería tipo PVC Conduit para el cableado de telecomunicaciones, la cual se instalaría por el piso o empotrada en muros y es independiente de los circuitos ramales. Además, el rack de voz y datos ubicado en el cuarto técnico del primer piso se encuentra alimentado por un circuito del tablero con sistema de respaldo UPS integrado (TN1R).

6.1 Selección de componentes

La selección de los componentes se realizó teniendo presente las necesidades específicas del bloque A, en términos de puntos de red, telefonía, televisión, conexiones HDMI y sistemas de intercomunicación. Los elementos utilizados se evidencian en la siguiente tabla:

Tabla 9.
Elementos que conforman el sistema de voz y datos

Elemento	Cantidad	Ubicación	Observaciones	Referencia	Consumo [w]
Patch Panel 2x24	1	Cuarto técnico	Distribución en el rack	Cat 6A 48 Puertos UTP 2U (SKU KMUTPAT48)	-
Switch 48 puestos	1	Cuarto técnico	Alimenta los puntos de red	Switch RJ45 De 48 Puertos Gigabit (TL-SG1048)	40
PBX	1	Cuarto técnico	Utilizado para los 7 puntos de telefonía	PBX Grandstream	50
Telco Patch Panel	1	Cuarto técnico	Utilizado para los 10 puntos de intercomunicación	ICC Voice 6P2C (6P2C)	15
Router	1	Cuarto técnico	Distribuidor de red local	LTE(4.5G) cat 6	18
PDU	1	Cuarto técnico	Regleta en el rack	SKU 215091	-
Rack organizador	1	Cuarto técnico	Almacena todos los equipos en el cuarto técnico	RK12WALHM	-
Ventilador	1	Cuarto técnico	Disipador de calor	CLOUDPLATE T1	15
Access Point (AP)	3	Uno por piso	Señal Wifi	TP-Link Archer C5 (AC1200)	18
Caja HDMI	2	Sala de juntas	Utilizado para los 2 puntos de HDMI	SKU KMWP01T	-

Fuente: Elaboración propia

El consumo estimado del sistema es de 160 W. Sin embargo, el circuito se dimensionó con una capacidad de 300W pensando en la posible ampliación del sistema o la implementación de un circuito integrado de cámaras de vigilancia. La especificación de tipo

de cableado y tubería se encuentra en el Apéndice G.

6.2 Plano voz y datos

El plano del sistema de voz y datos fue realizado en el software AutoCAD y se encuentra en el Apéndice L.

7. Manual de mantenimiento

El manual elaborado para preservar la calidad del rediseño busca establecer los lineamientos y actividades técnicas para el mantenimiento preventivo del CENIVAM, conforme a los requisitos del RETIE, garantizando la seguridad eléctrica tanto para los equipos como personal, estudiantes y directivos que frecuentan el lugar. En este manual se encontrarán los factores de riesgo de fallas más comunes en todas las instalaciones eléctricas y como prevenirlas, teniendo en cuenta las cargas presentes en el CENIVAM. También, se encontrarán las pautas para realizar un mantenimiento óptimo, incluyendo inspecciones periódicas, pruebas de funcionamiento y reparaciones necesarias considerando las mediciones pertinentes de voltaje, el estado de los elementos en la instalación y varias pruebas necesarias para confirmar que todos los elementos instalados en el rediseño continúen funcionando en condiciones que garanticen su desempeño y durabilidad. El manual se encuentra en el Apéndice E.

8. Conclusiones

Debido a inconvenientes presentados, no fue posible desarrollar el rediseño en toda la instalación del CENIVAM, se optó por realizar el rediseño únicamente al bloque A. Así mismo, no fue posible obtener la corriente de cortocircuito para el cálculo de la malla a tierra debido a inconvenientes presentados en la obtención de la factibilidad, por lo tanto, este valor fue tomado usando como referencias algunos proyectos de la ESSA.

A partir de lo anterior, se realizó una evaluación del cumplimiento normativo de las normas RETIE, RETILAP y NTC 2050 en la instalación eléctrica y el sistema de iluminación del bloque A del CENIVAM. Como resultado, se identificó un listado de no conformidades donde se evidencia el mal estado de la instalación actual, las deficiencias de seguridad y ausencias de mantenimiento.

A partir de esta evaluación, se propuso un rediseño de la instalación eléctrica y del sistema de iluminación, contemplando medidas correctivas enfocadas en garantizar el

cumplimiento normativo y mejorar el desempeño en los sistemas. Con respecto al sistema de iluminación, se planteó el uso de luminarias tipo LED, seleccionadas según los resultados obtenidos en la simulación realizada en DIALux para cada espacio interior del bloque A. Así mismo, se propuso la integración de circuitos exclusivos para iluminación, conectados directamente a las luminarias y controlados por interruptores instalados según la normativa. En el diseño se incluyó la implementación de un sistema de iluminación de emergencia conforme el RETILAP.

Para el sistema eléctrico, se propuso el reemplazo de cableado antiguo, la reorganización de la trayectoria de tuberías, la reubicación de los tableros, las cargas y los tomacorrientes según las necesidades del establecimiento. En el diseño se consideró la gestión del riesgo eléctrico, con el fin de salvaguardar la integridad humana y la vida útil de los equipos. Además, se propuso implementar un tablero regulado con UPS integrado, con circuitos individuales para cada una de las cargas especiales de mayor sensibilidad, lo cual permitirá mantener el suministro energético en caso de falla y evitar la descalibración o daño del equipo.

El sistema de voz y datos fue actualizado, y se elaboró un manual de mantenimiento eléctrico correctivo, que incluye inspecciones eléctricas periódicas y pruebas de funcionamiento que garantizan la seguridad y el rendimiento adecuado, preservando la calidad de la instalación. El rediseño en este centro de investigación de alta relevancia a nivel nacional fue fundamental para contribuir a un mejor desarrollo de las actividades académicas e investigativas de los estudiantes y trabajadores, asegurando espacios seguros y ambientes óptimos. Este rediseño abre camino a posibles proyectos enfocados en la mejora del establecimiento con respecto a la tecnología o autosostenibilidad.

9. Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos y los campos identificados de mejoras que se encuentran fuera del alcance del proyecto, se recomienda en caso de realizar la ejecución de este proyecto o como complemento en próximos trabajos de grado, la implementación de los siguientes ítems:

- a) Realizar la ampliación de este rediseño incorporando el bloque B y las zonas exteriores del CENIVAM, teniendo así un nuevo rediseño que contemple toda la

- instalación eléctrica y sistema de iluminación del establecimiento.
- b) Solicitar la factibilidad ante el operador de red (ESSA), esto con el fin de tener datos más precisos para el diseño de la malla de puesta a tierra.
 - c) Se sugiere la implementación de un sistema de energías renovables (fotovoltaico), aprovechando la locación del lugar y la disponibilidad de espacio libre en su tejado. Esto ayudaría a disminuir el consumo de energía del establecimiento, siguiendo los lineamientos de un sistema sostenible.
 - d) Se recomienda la implementación de herramientas ofimáticas en el establecimiento, con el fin de modernizar el sistema eléctrico y de iluminación, promoviendo así un entorno más eficiente, digital y que se encuentra alineado con las prácticas modernas. Además, se sugiere realizar un manual de uso para estas tecnologías dirigido a público abierto.

Referencias bibliográficas

- Caro, J. L., & Pastrana, L. H. (Mayo de 2012). Guía para diseñar instalaciones eléctricas domiciliarias según NTC 2050 y RETIE. Cartagena, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.utb.edu.co/entities/publication/6f5b98ee-8f20-4c79-b8c4-742a1b22cffc>
- Empresa de Energía del Sur de Santander (ESSA). (2005). Norma técnica para cálculo y diseño de sistemas de distribución (Revisión No. 3). Obtenido de <https://www.essa.com.co/site/Portals/14/Docs/Norma%20tecnica/Norma%20T%C3%A9cnica%20ESSA.pdf>
- Empresas Públicas de Medellín. (Agosto de 2019). Norma Técnica: Cálculo de conductor económico. Medellín. Obtenido de https://www.essa.com.co/site/Portals/clientes/Norma_Tecnica_Vigente/Normas_Complementarias_Dise%C3%B1o/nt-01-norma-tecnica- calculo-de-conductor-economico.pdf?ver=2021-06-03-170255-317
- Enel X. (19 de Marzo de 2024). ¿Cuál es la importancia del RETIE para las instalaciones eléctricas? Te contamos. Obtenido de <https://www.enelx.com/co/es/historias/5-ideas-para-entender-las-obligaciones-del-retie#:~:text=RETIE%20un%20certificado%20obligatorio&text=Este%20documento%20es%20emitido%20por,dise%C3%B1o%20cumplen%20con%20la%20norma>
- ICONTEC. (2005). Código Eléctrico Colombiano: Instalaciones eléctricas (basado en la NFPA 70) (NTC 2050, Sección 210). Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2018). Gestión del riesgo: Directrices (NTC-ISO 31000:2018). Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Ministerio de Minas y Energía. (2024). Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE). Bogotá.
- Ministerio de Minas y Energía. (2024). Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP). Bogotá.
- necaibewelectricians. (2013). Dimensions and Percent Area of Conduit. Obtenido de https://necaibewelectricians.com/wp-content/uploads/2013/11/Table_4-Dimensions-and-Percent-Area-of-Conduit-.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Pacheco, J. A. (Octubre de 2020). Rediseño de las instalaciones eléctricas para el estadio de Nayón y el estadio de Inchapicho. Quito. Obtenido <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21279/1/CD%2010795.pdf>
- Ramirez, J. A., & Llano, C. A. (2012). Guía para el diseño de instalaciones de iluminación interior utilizando DIALUX. Pereira, Colombia. Obtenido de

<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/c02e9714-b4cf-42dc-b211-bfb86a5ff27b/content>

Sánchez, W. O., & Soriano, K. E. (2000). Identificación y control de pérdidas de energía en el sistema de distribución secundaria. Ecuador. Obtenido de

<https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/43987/T-20744.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vitoriano, O. M. (s.f.). Diseño de un PLL para el inversor de un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI). Obtenido de

<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/4289/fichero>

Choudhary, M., Shafiq, M., Kiitam, I., Hussain, A., Palu, I., & Taklaja, P. (2022). A review of aging models for electrical insulation in power cables. *Energies*, 15(9), 3408.

<https://doi.org/10.3390/en15093408>