

Acompañamiento En La Supervisión De La Obra Eléctrica  
Del Proyecto De Construcción Y Modernización De La Facultad De Salud De La Universidad  
Industrial De Santander.

Roberht Elian Sanguino Marín, y Daniel Fernando Vargas Castillo.

Trabajo de Grado para Optar al Título de  
Ingeniería Eléctrica.

Director

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga.

Doctor en Ciencias con Énfasis en Ingeniería Eléctrica.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Físico Mecánicas.

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

Bucaramanga

2024

### **Dedicatoria**

A Dios, mi guía y fortaleza, quiero expresar mi más profunda gratitud por cada momento de sabiduría que me has brindado en este camino de la vida. Gracias por la salud que me has concedido, permitiéndome avanzar y enfrentar los desafíos con valentía. En cada paso, en cada decisión, he sentido tu presencia constante, recordándome que nunca estoy solo. Este trabajo es el resultado de tu amor y apoyo incondicional. Te agradezco por iluminar mi mente y por no abandonarme en ningún instante. Que esta dedicación sea un testimonio de mi fe y agradecimiento por todas tus bendiciones.

A mis amados padres, quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y apoyo incondicional. Su amor, sacrificio y enseñanzas han sido la luz que ha guiado cada uno de mis pasos en este camino hacia la obtención de este logro. Gracias por creer en mí incluso en los momentos más difíciles y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Al amor de mis días Angie Rincón, por su amor, comprensión en los días y noches que hemos compartido en este logro, mi amor y mi admiración total.

A mis profesores, quienes han compartido su conocimiento y sabiduría, alentándome a ser siempre curiosa y crítica. Su dedicación y pasión por la enseñanza han dejado una huella imborrable en mi vida. Gracias por inspirarme a aprender y crecer profesionalmente en esta carrera de ingeniería eléctrica, una carrera de mucho sacrificio educativo y enseñanza para la vida. A mis hermanos de universidad y amigos para la vida, que han compartido risas, alegrías y también desafíos a lo largo de esta etapa.

Una gran etapa en la vida, una experiencia memorable. Gracias a Dios por estar a mi lado, por cada momento de apoyo y por recordarme la importancia de disfrutar del proceso. En pro de mí mismo, por la determinación y el compromiso que he demostrado en cada paso de este camino. Este trabajo no solo es el resultado de un esfuerzo académico, sino también una celebración de mi crecimiento personal y de todas las lecciones aprendidas.

### **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la culminación de este trabajo de grado. A mis profesores, por su invaluable guía y apoyo a lo largo de mi formación académica; a mis compañeros, por compartir este camino lleno de desafíos y aprendizajes; y a mi familia, por su amor incondicional y por brindarme el respaldo necesario en cada etapa de este proceso. Sin su ayuda y motivación, este logro no habría sido posible. Este trabajo no solo representa un avance en mi carrera profesional, sino también la suma de esfuerzos y aprendizajes compartidos.

Manifiestar un agradecimiento al Ingeniero Electricista y director de nuestro proyecto de grado Oscar Quiroga, cuya calidad educativa ha sido fundamental en nuestro desarrollo académico. Su dedicación y compromiso han marcado una diferencia significativa en la formación, y su constante acompañamiento nos ha guiado hacia el logro de este trabajo de grado. Aprecio profundamente el tiempo que ha invertido en asesorarme y en ofrecer valiosas orientaciones del área de ingeniería eléctrica, lo cual ha enriquecido no solo este proyecto, sino también mi visión y conocimientos. Gracias por su paciencia, su entusiasmo y por inspirarnos en este logro. Sin su apoyo, este trabajo no hubiera sido posible.

Dar mi más sincero agradecimiento a la UIS por la invaluable oportunidad que me brindaron al realizar mis prácticas de trabajo de grado en esta prestigiosa institución. Esta experiencia no solo me permitió aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de mi formación, sino que también me enseñó la importancia del trabajo en equipo, la investigación y el compromiso con la excelencia.

## Tabla de contenido.

Introducción .....	11
1. Objetivos .....	12
1.1 Objetivo general .....	12
1.2 Objetivos específicos .....	12
2. Descripción General del Proyecto.....	13
2.1 Especificaciones Técnicas del Proyecto.....	14
2.1.1 Especificaciones técnicas de los equipos eléctricos.....	18
2.1.1.1 Transformadores del proyecto. ....	18
2.1.1.2 Celdas de media tensión y transferencia. ....	20
2.1.1.3 Blindo barras.....	23
2.1.1.4 Malla del sistema de puesta a tierra. ....	25
3. Acompañamiento a la supervisión .....	33
3.1 Flujo de actividades .....	34
3.2 Bitácora .....	37
3.3 Desarrollo de informe semanal .....	39
3.3.1 Planos eléctricos.....	40
3.3.2 Cantidades de obra eléctrica .....	43
3.4 Trazabilidad de Planos y Modelos.....	44
3.5 Herramientas Implementadas.....	46
3.6 Comités de obra .....	49
4. Verificación de pérdidas técnicas. ....	51
4.1 Diagrama Unifilares y rutas eléctricas .....	52
4.1.1 Cálculos de ingeniería.....	54
4.1.2 Regulación de tensión .....	56
4.1.3 Costos de instalación.....	60
4.1.4 Costos de operación. ....	61
4.1.5 Resultados.....	61
5. Conclusiones .....	64
Referencias bibliográficas.....	65
Apéndices.....	66

### Lista de figuras

Figura 1. Plano punto de conexión para la red de Media Tensión al proyecto aprobado por la ESSA. _____	16
Figura 2. Plano de la ruta de conexión de la red de energía al nuevo proyecto_____	16
Figura 3. Modelo del cuarto técnico de transformadores, celdas de transferencia, planta de emergencia. _____	18
Figura 4. Ficha técnica del transformador trifásico clase F con potencia de 1 [MVA]. _____	19
Figura 5. Instalación de Celdas de transferencia. _____	23
Figura 6. Instalación de Electrobarras eléctricas para la red eléctrica. _____	24
Figura 7. Características y topología del sistema de puesta a tierra. _____	25
Figura 8. Implementación de soldadura exotérmica para Unión equipotencial entre electrodo y cable de cobre calibre 2/0 AWG desnudo. _____	26
Figura 9. Datos estructurales y ambientales simulados en el software de análisis del riesgo para el SIPRA _____	29
Figura 10. Datos del dimensionamiento y resultados del SIPRA. _____	30
Figura 11. Vista de planta superior de la cubierta con la ubicación de 85 puntas captadoras. _	31
Figura 12. Detalles constructivos de bajantes convencionales y su conexión equipotencial con anillo inferior. _____	32
Figura 13. Diagrama de flujo de los aspectos del acompañamiento durante el proyecto. _____	35
Figura 14. Ejemplo de la Bitácora durante el acompañamiento en la supervisión de construcción de redes eléctricas. _____	38
Figura 15. Plano sistema de iluminación del Sótano 1. _____	41

Figura 16. Ejemplo Plano técnico del sistema de iluminación y sistema de detección de incendios. _____	42
Figura 17. Ejemplo Plano técnico de redes eléctricas pendientes en la instalación durante seguimiento durante la obra. _____	43
Figura 18. Ejemplo tabla cantidades de obra instaladas en sótano 2. _____	44
Figura 19. Ejemplo tabla de acompañamiento en la instalación de redes eléctricas. _____	45
Figura 20. Ejemplo de acta de comité de obra acerca del mobiliario para la adecuación de los laboratorios. _____	50
Figura 21. Diagrama unifilar de la red de media tensión para el tramo 1. _____	53
Figura 22. Ejemplo rutas de conexión de red eléctrica. _____	54
Figura 23. Tabla de los parámetros eléctricos de los tramos de circuitos. _____	55
Figura 24. Tabla comparativa entre los 3 tramos de circuitos. _____	55
Figura 25. Tabla de límites de distorsión de tensión. _____	56
Figura 26. Tabla cálculos de caída de tensión de los circuitos. _____	57
Figura 27. Tabla cálculos de ingeniería aplicado para 3 circuitos instalados. _____	58
Figura 28. Tabla de resultados de potencias aplicado para 3 circuitos instalados. _____	59
Figura 29. Tabla de porcentaje de pérdidas máximas tolerables por nivel de tensión para las empresas del grupo de Empresas Públicas de Medellín. _____	59
Figura 30. Tabla de precios por metro de cada conductor. _____	60
Figura 31. Tabla de costos y datos de conductores. _____	61
Figura 32. Tabla de resultados y costos. _____	62
Figura 33. Grafica conductor económico tramo 3. _____	63

### **Lista de Apéndices**

	<b>pág.</b>
Apéndice A. Contenido de trabajo de grado. . . . .	Los apéndices están adjuntos.

## Resumen

**Título:** Supervisión de la obra eléctrica del proyecto de construcción y modernización de la facultad de salud de la universidad industrial de Santander

**Autores:** Roberht Elian Sanguino Marín, y Daniel Fernando Vargas Castillo.

**Palabras Clave:** Supervisión Eléctrica, Construcción Torre Hospitalaria Facultad Salud UIS.

### Descripción:

En la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander se adelanta un proyecto de construcción y modernización de su infraestructura física que consta de un moderno edificio de 5 pisos, 53 laboratorios, 2 sótanos, 1 auditorio, lo cual representa más de 27 mil metros cuadrados de construcción. La División de Planta Física de la UIS es la encargada de la supervisión de la obra del proyecto por lo que requiere estudiantes que acompañen en esa la labor. Durante el periodo de 8 meses se realiza el acompañamiento en la instalación de las redes eléctricas de la nueva torre hospitalaria, brindando oportunidades para que el estudiante afiance conocimientos académicos en el gremio eléctrico. Es por esto por lo que se realiza este trabajo de grado en modalidad de práctica empresarial considerando que las actividades a desarrollar representan una experiencia real del ejercicio de la ingeniería eléctrica.

-----  
\*Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas.

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

Programa académico de Ingeniería Eléctrica.

Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga.

Doctor en Ciencias con Énfasis en Ingeniería Eléctrica.

### **Abstract**

**Title:** Support In the Supervision of The Electrical Work of The Construction and Modernization Project of The Faculty of Health at The Industrial University of Santander

**Author(s):** Roberht Elian Sanguino Marín. 2172749. Daniel Fernando Vargas Castillo. 2180206.

**Key Words:**

"Electrical Supervision, Construction of the Hospital Tower at the UIS Faculty of Health."

**Description:**

At the Faculty of Health of the Industrial University of Santander, a project is underway for the construction and modernization of its physical infrastructure, which consists of a modern 5-story building, 53 laboratories, 2 basements, and 1 auditorium, representing more than 27,000 square meters of construction. The Physical Plant Division of UIS is responsible for supervising the project's construction, and therefore, it requires students to assist in this task. During the 8-month period, students accompany the installation of the electrical networks of the new hospital tower, providing opportunities for students to reinforce their academic knowledge in the electrical field. This is why this degree project is being carried out in the form of a business internship, considering that the activities to be developed represent a real experience in the practice of electrical engineering.

---

\*Degree Work

\*\* Faculty of Physicomechanical Engineering.

School of Electrical, Electronic, and Telecommunications Engineering.

Academic Program in Electrical Engineering.

Director: Oscar Arnulfo Quiroga.

Doctor in Sciences with emphasis in Electrical Engineering.

## **Introducción**

En la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander se adelanta un proyecto de construcción y modernización de su infraestructura física que consta de un moderno edificio de 5 pisos, 53 laboratorios, 2 sótanos, 1 auditorio, lo cual representa más de 27 mil metros cuadrados de construcción. La División de Planta Física de la UIS es la encargada de la supervisión de la obra del proyecto por lo que requiere estudiantes que acompañen en esa labor. Este acompañamiento de la supervisión de la obra desempeña un papel importante para garantizar la correcta ejecución de proyectos, asegurando que se cumplan los planos, especificaciones y demás diseños aplicables en cada una de las disciplinas, incluyendo la eléctrica de la cual hicimos parte.

El acompañamiento a la supervisión eléctrica implica un monitoreo diario que permita la elaboración de un informe semanal donde se muestre un registro acerca del avance de las redes eléctricas, la secuencia de ejecución de las actividades de obra, así como la verificación y puesta en marcha de la iluminación, bandejas de redes eléctricas, tomacorrientes y demás elementos. También implica una participación en comités y una trazabilidad de los cambios efectuados con la finalidad de aportar a la adecuada ejecución de la obra eléctrica. También se desarrollaron los cálculos de ingeniería aprendidos tales como regulaciones de tensión y cálculo de conductor económico en los circuitos eléctricos seleccionados mediante herramientas ofimáticas, todo esto con el fin de minimizar costos en el conductor durante su vida útil y mejorar su operación cumpliendo con parámetros técnicos y de seguridad.

El trabajo de grado en modalidad de práctica empresarial brinda oportunidades para que el estudiante afiance conocimientos académicos es por esto por lo que se realiza este trabajo de grado

en modalidad de práctica empresarial considerando que las actividades a desarrollar representan una experiencia real del ejercicio de la ingeniería eléctrica.

En este documento se hace una descripción del proyecto donde se destaca el objetivo de la obra, también se muestra diagramas unifilares y puntos de arranque importantes para el diseño de la infraestructura eléctrica, además se destacan algunos equipos instalados en obra como transformadores, celdas de transferencia, celdas de media tensión, entre otros. En el capítulo 2 se enfoca el acompañamiento a la supervisión, se desarrolla un proceso para llevar unos datos confiables y precisos, la manera en que los compartimos los datos es crucial para el entendimiento de todas las partes implicadas en el proyecto, finalmente se hacen análisis de conductor económico y su comparación con los conductores previamente escogidos.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

- Desarrollar actividades de acompañamiento en la supervisión de ejecución de la obra eléctrica del proyecto de construcción y modernización de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Brindar un acompañamiento a la supervisión diaria de la obra eléctrica en la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander, asegurando la conformidad de las especificaciones técnicas del proyecto y los planos de redes eléctricas.

- Generar informes semanales donde se muestre con registros fotográficos y apuntes destacados, para la División de Planta Física de la Universidad Industrial de Santander, que evidencien el progreso de la obra.
- Desarrollar un archivo técnico del proyecto en cuanto al sistema eléctrico, de acuerdo con la secuencia de ejecución de las actividades de obra junto con la cuantificación de los recursos eléctricos instalados en las redes eléctricas.
- Comprobar el cumplimiento normativo técnico colombiano en el ámbito de las regulaciones de tensión y pérdidas de potencia en los circuitos eléctricos según cuadros de carga seleccionados para el proyecto.

## **2. Descripción General del Proyecto.**

En pro de garantizar una educación de calidad integra la Universidad Industrial De Santander tiene como proyecto la construcción de un nuevo edificio ubicado en la Sede de la Facultad De Salud en la Ciudad de Bucaramanga. Este proyecto tiene como propósito ampliar su infraestructura y destinar los recursos para la calidad de la enseñanza y el aprendizaje. Espacios modernos, aulas educativas bien equipadas y laboratorios tecnológicos fomentan una educación más interactiva y efectiva.

Además, los espacios educativos cuentan con iluminación led, áreas con sistema de iluminación con sensores de movimiento, amplios parqueaderos, oficinas administrativas, laboratorios modernos, cafeterías, 1 auditorio para 400 personas, son parte de este innovador proyecto. Su avance ha sido considerado ampliamente satisfactorio, según informes recientes. La obra es parte de un proyecto más amplio que busca mejorar las instalaciones educativas en el área

de la salud. Universidades con instalaciones modernas y recursos avanzados son más capaces de atraer a profesores y estudiantes de alto nivel. Un entorno atractivo puede aumentar la competitividad y reputación de la institución. En esta práctica empresarial se busca brindar acompañamiento en la supervisión de la obra eléctrica del proyecto por el periodo de 8 meses en beneficio de la seguridad, eficiencia y sostenibilidad del suministro de energía. Una red eléctrica bien construida promueve la continuidad del servicio, minimiza las interrupciones y optimiza el uso de recursos, lo que es crucial en un entorno académico con alta demanda energética para actividades educativas.

### **2.1 Especificaciones Técnicas del Proyecto**

La distribución de energía está a cargo de la empresa prestadora de energía ESSA para el departamento de Santander la cual proporciona estabilidad, seguridad y eficiencia en el suministro de energía para la Universidad Industrial de Santander como parte del proceso correspondiente en la nueva edificación de la sede de salud, se hace el trámite de factibilidad donde se aprueba y compromete el cumplir con normas y plan de ordenamiento territorial vigente, presentar diseños y dictámenes de inspección, instalar reconector y permisos de pasos según aplique, además de coordinar adecuación de punto de amarre con equipo de trabajo y mantenimiento ESSA.

Se hace verificación y constancia del documento del trámite de factibilidad ante el operador de red de la Electrificadora de Santander (ESSA), el documento de factibilidad se encuentra en anexos. Esta factibilidad se atendió favorablemente por parte del operador de red ESSA, otorgando la vinculación del servicio de energía eléctrica a esta nueva sede, características técnicas mostradas a continuación:

Potencia aprobada: 2000 [kVA]

Conexión a Subestación: Conucos

Cantidad de Transformadores: 2

Tipo de conexión: Trifásica

Circuito o Alimentador: Línea 403

Nodo o Apoyo: 1031732

Nivel de Tensión de la Red: 34.5 kV.

Con esta información técnica aprobada, parte la elaboración de diseños y esquemas donde se identifiquen especificaciones de equipos eléctricos a abordar en este proyecto con el objetivo de cumplir normas y cubrir todas las necesidades demandadas de esta nueva edificación.



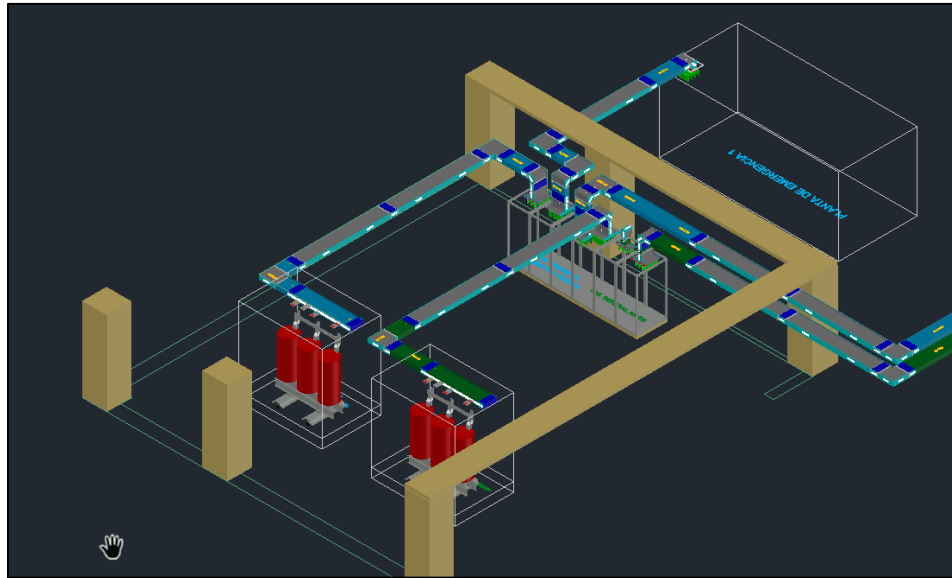
### **Subestación Eléctrica.**

Las subestaciones son puntos clave en la red eléctrica, donde se realiza la transformación de voltajes y la distribución de energía a diferentes niveles. Las subestaciones permiten transformar voltajes, cambiando el voltaje de la energía eléctrica para su transporte eficiente a largas distancias y luego reduciéndolo para su distribución local; distribuyen energía, dirigiendo la energía eléctrica a diferentes áreas y asegurando que llegue a los consumidores finales; y controlan la red, monitoreando y controlando el flujo de energía para garantizar la estabilidad y seguridad del sistema eléctrico. Entre los componentes de una subestación se encuentran los transformadores, que convierten la energía eléctrica de un voltaje a otro, permitiendo su transporte y distribución; los interruptores, que permiten abrir o cerrar circuitos eléctricos, protegiendo la red de sobrecargas y cortocircuitos; los seccionadores, que desconectan partes de la subestación para mantenimiento sin interrumpir el servicio; las barras de conexión, que son conductores que conectan diferentes componentes de la subestación; los condensadores que mejoran la calidad de la energía regulando la tensión y la potencia reactiva; los sistemas de protección, que detectan fallas en la red y activan los interruptores para aislar las partes afectadas. Estos componentes trabajan en conjunto para garantizar que la energía eléctrica se transforme y distribuya de manera segura y eficiente.

Los cuartos técnicos están ubicados en el sótano 2 de la edificación, están compuestos de 2 transformadores trifásicos con potencia de 1 [MVA], celdas de transferencias, planta de emergencia, electrobarras, interruptores entre otros componentes como se detallan en la figura.

**Figura 3.**

*Modelo del cuarto técnico de transformadores, celdas de transferencia, planta de emergencia.*

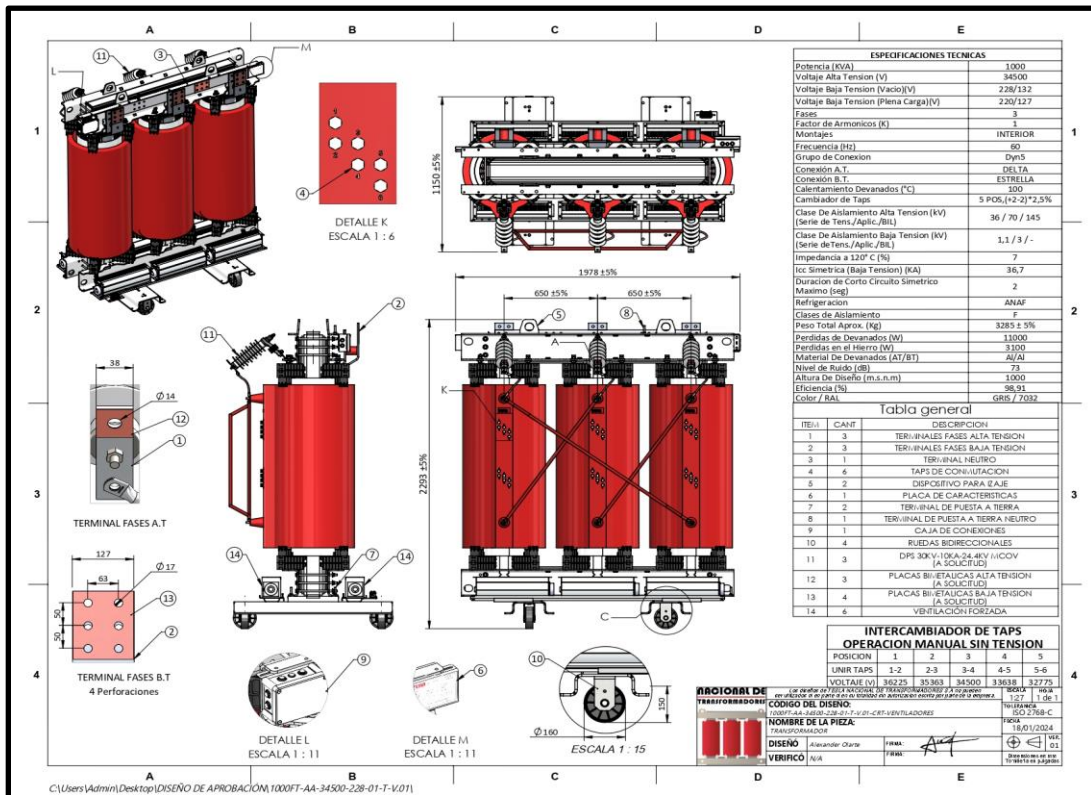


### ***2.1.1 Especificaciones técnicas de los equipos eléctricos.***

**2.1.1.2 Transformadores del proyecto.** El proyecto consta de dos transformadores trifásicos tipo seco de interior. Un transformador de potencia de 1 [MVA] está planificado para suplir las cargas de los aires acondicionados que están distribuidos a lo largo del edificio, mientras que otro transformador es destinado a la red de energía del sistema de iluminación, tableros de distribución, tablero transferencia de bomba contra incendios, tableros regulados, bomba del sistema de agua (Bomba Jockey) y retroalimentado con la planta de emergencia.

Figura 4.

Ficha técnica del transformador trifásico clase F con potencia de 1 [MVA].



Los dos transformadores trifásicos cuentan con potencia de 1 [MVA] cada uno, topología de conexión Dyn5, configuración Delta/Estrella en sus bornes, cuentan con refrigeración ANAF (Aire Natural y Aire Forzado) y con eficiencia del 98,91 %, la diferencia entre ambos radica en su nivel de voltaje de baja tensión a plena carga de 440/254 [V] que es utilizado para los aires acondicionados mientras que para el otro transformador su nivel de voltaje de baja tensión a plena carga de 220/127 [V] esto en consecuencia al diferente nivel de tensión operativa de la carga. Cada transformador cuenta con encerramiento en celda de aislamiento e insonora y van conectados al sistema de puesta a tierra con sus componentes. Las especificaciones y fichas técnicas de cada dispositivo eléctrico se encuentran en los anexos.

**2.1.1.2 Celdas de media tensión y transferencia.** Las celdas son equipos eléctricos diseñados para controlar, proteger y distribuir la energía eléctrica en un rango de tensión intermedio, generalmente entre 1 [kV] y 36 [kV]. Actúan como el corazón de las subestaciones eléctricas, permitiendo la conexión y desconexión segura de circuitos, la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, y la medición de parámetros eléctricos.

Las celdas de media tensión son el punto de conexión entre la transmisión y la distribución de energía eléctrica. Reciben energía de alta tensión a través de transformadores, la cual es luego distribuida a múltiples circuitos de media tensión que alimentan diversas zonas o grupos de consumidores. Estos equipos incluyen dispositivos de protección que monitorean constantemente los parámetros eléctricos y actúan rápidamente ante fallas, aislando el circuito afectado para garantizar la seguridad y continuidad del suministro.

Además, dispositivos de control permiten al personal operar las celdas de manera segura y eficiente, realizando maniobras como la conexión y desconexión de circuitos, así como la regulación de la tensión. Las celdas de media tensión son equipos esenciales para la distribución de energía eléctrica, garantizando un suministro seguro, confiable y eficiente. Su diseño y funcionamiento están sujetos a rigurosas normas técnicas, lo que asegura su calidad y rendimiento.

Entre sus componentes se incluyen interruptores automáticos, seccionadores, transformadores de corriente, y fusibles, entre otros. Entre sus funciones están:

- Protección: Interrumpen corrientes de cortocircuito o sobrecargas.
- Distribución: Permiten la distribución segura de energía eléctrica desde las subestaciones hasta las redes de baja tensión.

- Medición y Control: Incorporan equipos para la medición de parámetros eléctricos y control remoto.

Podemos contar en la industria con celdas de aislamiento en aire, en gas (SF<sub>6</sub>), o en vacío, dependiendo de la aplicación en la industria.

Los planos y especificaciones técnicas para la instalación en la torre hospitalaria acerca de las celdas de media tensión están detallados en los anexos, queda constancia que al momento de terminar las prácticas no se ha realizado la instalación en el cuarto técnico correspondiente, sin embargo, tiene fecha estimada de llegada e instalación al proyecto en el transcurso del mes de diciembre del 2024.

### **Sistema de Transferencia**

Los sistemas de transferencia son esenciales para el funcionamiento eficaz de las redes eléctricas, garantizando que la energía llegue a donde se necesita, de manera eficiente, confiable y en condiciones adecuadas. Son sistemas diseñados para cambiar la fuente de alimentación de una carga crítica de manera automática o manual, en caso de fallo de la fuente primaria.

### **Tipos de Transferencia**

- Automática (ATS): Realizan la transferencia de forma automática sin intervención humana cuando detectan una falla en la fuente principal.
- Manual (MTS): Requieren que un operador realice la transferencia entre fuentes.

Entre sus componentes podemos encontrar:

- Interruptores de transferencia: Son dispositivos que permiten la desconexión de una fuente y la conexión a otra de manera segura.
- Controladores: Sistemas que monitorean el estado de las fuentes de energía y ejecutan la transferencia.

Los sistemas de transferencia son esenciales en una amplia variedad de aplicaciones industriales y tecnológicas. Se utilizan para mover materiales, datos o energía de un punto a otro de manera eficiente y controlada. En la industria de la manufactura, por ejemplo, los sistemas de transferencia de productos permiten el transporte automatizado de piezas a lo largo de la línea de producción, aumentando la productividad y reduciendo el riesgo de errores humanos. En el ámbito de la informática, las aplicaciones de transferencia de datos son fundamentales para la comunicación entre sistemas, haciendo posible la sincronización de información en tiempo real. Además, en el campo de la ingeniería eléctrica, los sistemas de transferencia de energía son cruciales para la distribución de electricidad, asegurando que los recursos energéticos lleguen de manera eficaz a los consumidores. En resumen, los sistemas de transferencia son una pieza clave en la optimización de procesos en múltiples sectores. Los detalles como diagramas unifilares para su conexión, parámetros de las celdas de transferencia y otros componentes se encuentran en los anexos.

**Figura 5.**

*Instalación de Celdas de transferencia.*



**2.1.1.3 Blindo barras.** Las Electrobarras o blindobarras de electricidad son sistemas de conductores eléctricos que se utilizan para distribuir energía en instalaciones industriales, comerciales y educativas a gran escala ofreciendo una solución compacta y segura para la transmisión de corriente. Estas barras, que pueden estar hechas de cobre o aluminio y suelen estar revestidas con materiales aislantes, se emplean principalmente en cuartos eléctricos, centros de transformación y en la interconexión de diferentes equipos eléctricos. Entre sus beneficios destacan la reducción de pérdidas de energía, el aumento de la eficiencia en la distribución eléctrica y la minimización del espacio necesario para instalaciones eléctricas, lo que facilita la optimización del diseño del sistema. Su construcción incluye un soporte robusto para garantizar la integridad estructural, además de protecciones adecuadas para evitar cortocircuitos y sobrecalentamientos, lo que las convierte en una opción confiable y duradera en la infraestructura eléctrica moderna. La ruta de las Blindobarras se da desde el cuarto de la subestación recorriendo todos los pisos hasta llegar al último piso de la cubierta de la estructura.

Una electrobarra está instalada para la red de aires acondicionados y la otra para la alimentación del otro transformador, cada electrobarra cuenta con la capacidad de 3200 [A]. Las especificaciones técnicas se encuentran en los anexos.

**Figura 6.**

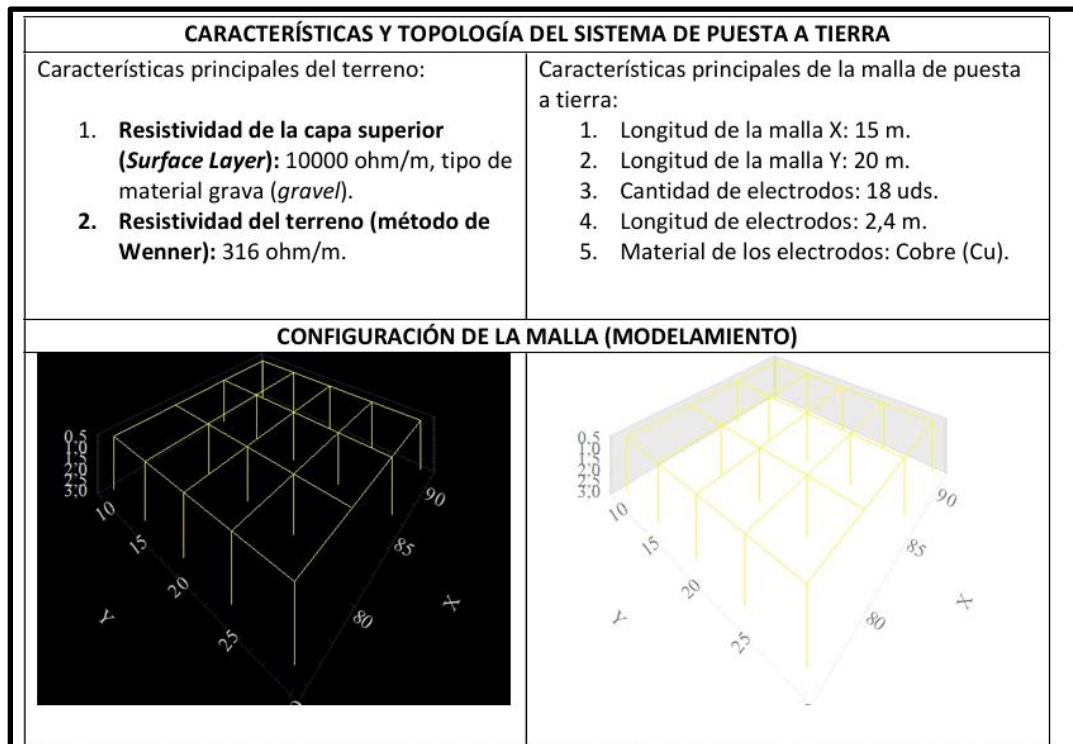
*Instalación de Electro barras eléctricas para la red eléctrica.*



**2.1.1.4 Malla del sistema de puesta a tierra.** Los sistemas de puesta a tierra son fundamentales en cualquier infraestructura eléctrica debido a su papel crucial en la seguridad de las personas y equipos al proporcionar una ruta de baja resistencia para disipar corrientes eléctricas peligrosas, evitando así descargas eléctricas y minimizando el riesgo de electrocución. La malla de puesta a tierra proporciona el correcto funcionamiento de equipos electrónicos sensibles al proporcionar un nivel de referencia estable y equipotencial, protegiéndolos de sobretensiones y descargas atmosféricas junto con la contribución a la integridad estructural de las instalaciones al prevenir la corrosión y los daños provocados por corrientes inducidas. Los planos y especificaciones técnicas de los componentes se encuentran en los anexos.

**Figura 7.**

*Características y topología del sistema de puesta a tierra.*



**Figura 8.**

*Implementación de soldadura exotérmica para unión equipotencial entre electrodo y cable de cobre calibre 2/0 AWG desnudo.*



El sistema de puesta a tierra es relevante para avanzar con el proceso constructivo de la nueva torre de la facultad de salud, la instalación del sistema de puesta a tierra se realiza según las especificaciones técnicas la malla dando una excavación de enterramiento de la malla de 0.5 [m] de profundidad, se realiza una excavación con topología rectangular de área 15 x 20 metros, se enclavan 18 electrodos de cobre 2,4 metros de longitud según la ubicación de la simulación y un total de 9 conductores de tierra desnudo que se unen con soldadura exotérmica conformando la cuadrícula de la malla del sistema de puesta tierra. Con el objetivo de brindar una mayor seguridad, mejor desempeño y una larga vida útil al sistema de puesta a tierra se utiliza una capa de 0.1 m cemento conductivo marca CELEC.

Se construyen 2 cajas de inspección de área 0.4 x 0.4 [m] para la malla de puesta a tierra y se dejan sus respectivas rutas de conexión para el barraje general de tierras, los transformadores, planta de emergencia, sistema de protección contra rayos. Durante la ejecución total de la malla del sistema de puesta a tierra se desarrolló el ejercicio de ingeniería realizando el acompañamiento profesional garantizando las medidas de excavación y profundidad del material, ubicación de electrodos, correcta unión equipotencial con soldadura exotérmica entre los conductores de cobre y los electrodos.

Todos los elementos metálicos que no transporten corriente, ubicados dentro de la subestación, deberán conectarse a tierra (paneles, gabinetes, tableros, bastidores, puertas, ventanas, rejillas, pantallas, etc.). Las especificaciones y fichas técnicas se detallan en los anexos.

**1.1.1.8 Sistema de Protección de Rayos (SIPRA).** El SIPRA (Sistema Integral de Protección contra Rayos) es un sistema diseñado para reducir los daños físicos causados por rayos. Su objetivo es garantizar la compatibilidad electromagnética y la estabilidad de las instalaciones, proporcionando protección efectiva durante condiciones climáticas adversas, como tormentas eléctricas.


Los principales beneficios de la implementación del sistema de protección contra rayos son la protección de estructuras evitando daños en edificaciones, instalaciones residenciales, comerciales e industriales y otras estructuras además brinda seguridad a las personas, reduciendo el riesgo de lesiones o fatalidades en personas que se encuentren en el área durante una tormenta eléctrica junto con la protección de equipos eléctricos lo cual previene daños en equipos sensibles, como redes de computadoras y sistemas de comunicación, minimizando los costos asociados a daños materiales y pérdidas operativas.

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIIE) en Colombia establece la obligatoriedad de contar con sistemas de protección contra rayos en edificaciones que cumplan con ciertos criterios, como su altura y ubicación geográfica. Este reglamento busca garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas y la protección de las personas y bienes.

Basados en que Bucaramanga presenta altos índices de descargas atmosféricas durante el año, se hace de carácter relevante contar con un adecuado dimensionamiento del SIPRA, por lo tanto, se hace la parametrización de sus factores de riesgo de acuerdo con la ubicación de la sede de facultad de salud UIS, dimensionamiento de la estructura, influencias ambientales, diferentes tipos de pérdidas, nivel de protección, entre otros datos necesarios para la simulación en el software. Se presentan los datos simulados para la evaluación del sistema de protección contra rayos, con sus datos específicos, tipos de pérdidas y cálculos para sus factores de riesgo, dando como resultado:

Figura 9.

Datos estructurales y ambientales simulados en el software de análisis del riesgo para el SIPRA.

		<b>NORME INTERNATIONALE</b> <b>INTERNATIONAL STANDARD</b>		<b>CEI IEC</b> <b>62305-2</b> Edition-1 2004-01	
Project: PROYECTO - TORRE HOSPITALARIA UIS					
<b>Structure's Attributes:</b> Length of structure (m): 108 Width of structure (m): 41 Height of roof plane (m): 22 Equivalent area (m <sup>2</sup> ): 37.788 m <sup>2</sup>			<b>Structure's Dimensions:</b> Location relative to surroundings: Similar in height Location density (service line density): Urban Number thunderdays: 126 days/year Equivalent annual flash density: 12,6 flashes/km <sup>2</sup>		
<b>Structure's Attributes:</b> Risk of fire or physical damage: Ordinary Structure screening effectiveness: Average Internal wiring type: Unscreened			<b>Protection Measures:</b> LPS type: Level II - 97% Fire protection level: Automated systems Surge protection: Full SPD set IEC62305-4		
<b>Conductive Service Lines:</b> <b>Power Line:</b> Type of service to the structure: Buried cable Type of external cable: Unscreened Presence of MV / LV transformer: Transformer			<b>Other Overhead Services:</b> Number of conductive services: 0 Type of external cable: Unscreened <b>Other Underground Services:</b> Number of conductive services: 3 Type of external cable: Screened		
<b>Loss Categories:</b> <b>Category 1 - Loss of Human Life:</b> Special hazards to life: Average panic level Life loss due to fire: Commercial, schools... Life loss due to overvoltages: No safety critical systems <b>Category 2 - Loss of Essential Services:</b> Services lost due to fire: No service exist Services lost due to overvoltages: No service exist			<b>Category 3 - Loss of Cultural Heritage:</b> Cultural heritage lost due to fire: No heritage value <b>Category 4 - Economic Loss:</b> Special economic hazards: No special hazards Economic loss due to fire: Office, school Economic loss due to overvoltage: Museum, school Step - touch potential loss factor: No shock risk Tolerable risk of economic loss: 1 in 1,000 yrs		
<b>Calculated Risks:</b>					
	<i>Tolerable Risk Rt</i>	<i>Direct Strike Risk Rd</i>	<i>Indirect Strike Risk Ri</i>	<i>Calculated Risk R</i>	
Loss of Human Life:	1,00E-05	6,19E-06	2,73E-08	6,22E-06	
Loss of Essential Services:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
Loss of Cultural Heritage:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
Economic Loss:	1,00E-03	9,52E-06	6,47E-05	7,42E-05	

**Figura 10.**

*Datos del dimensionamiento y resultados del SIPRA.*

CALCULO DEL NIVEL DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS													
INFORMACIÓN DEL PROYECTO													
NOMBRE: Torre Hospitalaria - UIS.								NIVEL CERÁUNICO			128		
ESTRUCTURA								DIMENSIONES					
NOMBRE		TIPO						Alto (m)		Largo (m)		Ancho (m)	
Torre hospitalaria		Estructura rodeada por objetos de altura similar o menor						22		108		41	

ÁREAS (m <sup>2</sup> )		PARÁMETROS DE DESCARGAS						BAJANTE			DIST. DE SEGURIDAD (m)		
AC	AD	NG	ND	NC	NC/ND	E	NP	FS	Long. (m)	Tipo	Cantidad	DS	LE
4428	37780.8096	12.8	0.241797	0.056678	0.234405	0.765595	IV	0.4	30.8	Embebido		0.616	2.5

El dimensionamiento es realizado por profesionales capacitados en protección contra rayos de la empresa “VOLTA INGENIERÍA” para garantizar la seguridad y efectividad del sistema. La torre hospitalaria en construcción cuenta con dimensiones de 22 [m] de altura, largo 108 [m] y ancho de 41 [m] y un área equivalente de 37.788 [m<sup>2</sup>] y cuenta con geometría de un electrocardiograma en su cubierta. En el criterio de la evaluación de riesgo se detalla que la estructura debido a su ubicación presenta altos valores en el indicador de nivel de ceraúnico de 128, la densidad anual de descarga]s eléctricas son 12,6 [flashes / km<sup>2</sup>] y además con un indicador de número de días con tormenta de 35 [days/year] por lo cual se implementa un nivel II de protección para el apantallamiento de la estructura.

En las especificaciones técnicas el diseño consta de un anillo superior y un anillo inferior junto con sus respectivos bajantes que están embebidos. En el anillo inferior se debe usar cable en

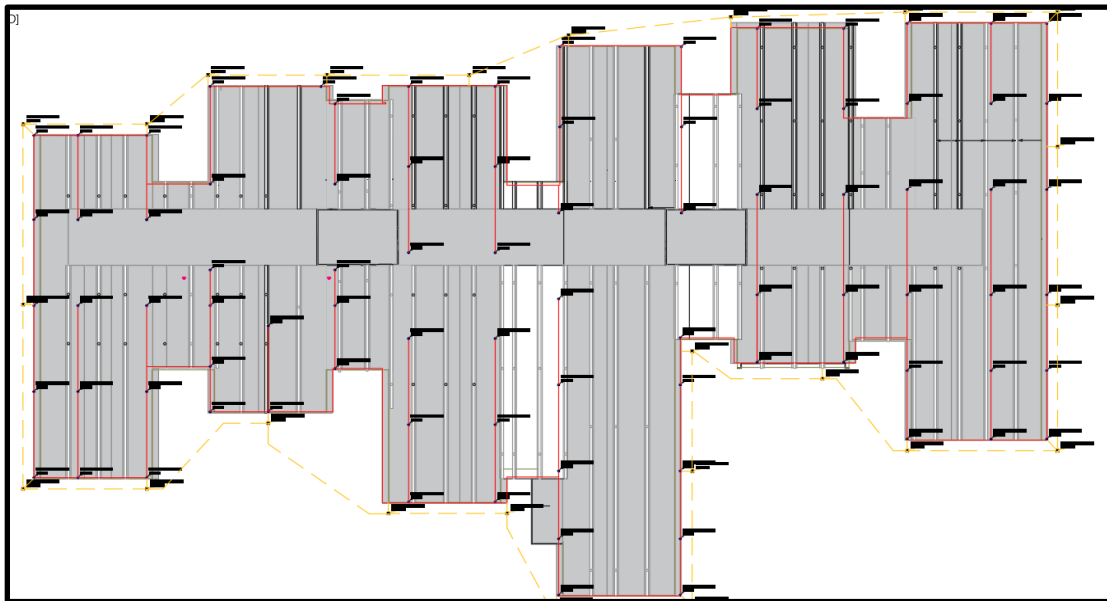
cobre calibre 2/0 AWG y para el anillo superior y los bajantes se debe usar alambre Aluminio 8 mm desnudo, estas y otras especificaciones técnicas constructivas y planos del sistema integrado de protección contra rayos se detallan en los anexos.

A continuación, se muestra el diseño desde la vista superior del edificio, dicho diseño consta de:

- ochenta y cinco unidades de electrodos de captación 0,6m
- veinticuatro unidades de cajas de inspección 0,3 x 0,3 m
- veinticuatro unidades de electrodos de puesta a tierra en cobre de 2,5m
- un anillo superior de conductor de aluminio 8mm
- Un anillo inferior de cobre 2/0 AWG desnudo.

**Figura 11.**

*Vista de planta superior de la cubierta con la ubicación de 85 puntas captadoras.*

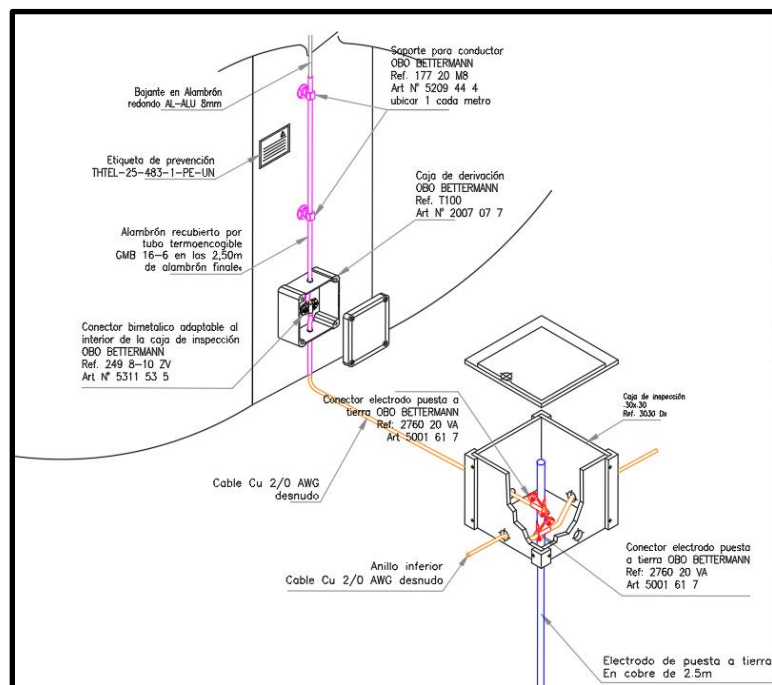


## Instalación de las bajantes y electrodos de puesta a tierra.

### Guía de conexión de los elementos del SIPRA.

**Figura 12.**

*Detalles constructivos de bajantes convencionales y su conexión equipotencial con anillo inferior.*



En esta figura se aprecia la caja de derivación con su conector bimetalico el cual sirve para unir conductores de diferentes materiales, en este caso aluminio y cobre. Estos conectores son esenciales cuando es necesario conectar cables de cobre con cables de aluminio, ya que ambos materiales tienen diferentes propiedades eléctricas y mecánicas, lo que puede causar problemas si se conectan directamente.

Los planos y especificaciones técnicas para la instalación del sistema integrado de protección contra rayos están detallados en el anexo, queda constancia que al momento de terminar las practicas sigue la construcción tanto de la cubierta en geometría de electrocardiograma como la torre hospitalaria, por lo tanto, aún no se ha instalado nada acorde al SIPRA.

### **3. Acompañamiento a la supervisión**

Durante ocho meses, formamos parte de un equipo en el área de supervisión de la planta física de la UIS, asignado a la gestión y monitoreo de diversos proyectos. Dentro de este equipo, desempeñamos un papel clave en el desarrollo de un plan de seguimiento, que nos permitió monitorear el progreso y cumplimiento de las metas establecidas. A lo largo de cada semana, nuestras responsabilidades consistían en realizar un control de las actividades ejecutadas, identificar posibles desviaciones en el cronograma o en la calidad de los trabajos.

Las tareas asignadas fueron claramente delimitadas, lo que nos permitió optimizar el tiempo y asegurar que cada aspecto del proyecto fuera cubierto. Al finalizar la semana, toda la información recolectada se consolidaba en un informe, que no solo detallaba los avances, sino que también podía incluía fotos u observaciones en la calidad de las actividades. Estos informes eran presentados en los comités de seguimiento, y servían como la base para la toma de decisiones por parte de la alta dirección. Las decisiones tomadas impactaban directamente en la ejecución de los proyectos, asegurando que se mantuvieran alineados con los objetivos de la institución y los plazos establecidos.

La experiencia adquirida durante este tiempo fue valiosa para el desarrollo de habilidades en gestión de proyectos, resolución de problemas y trabajo en equipo, permitiendo que el equipo de supervisión se convirtiera en un pilar esencial dentro del ciclo de vida de los proyectos. La División De Planta Física De La Universidad Industrial De Santander está a cargo del Ingeniero Civil Iván Augusto Rojas Camargo, adicionalmente el tutor asignado durante la práctica empresarial es el ingeniero Iván Torres ingeniero electricista encargado por planta física y la interventoría está a cargo del consorcio “Inter-Salud 2022”.

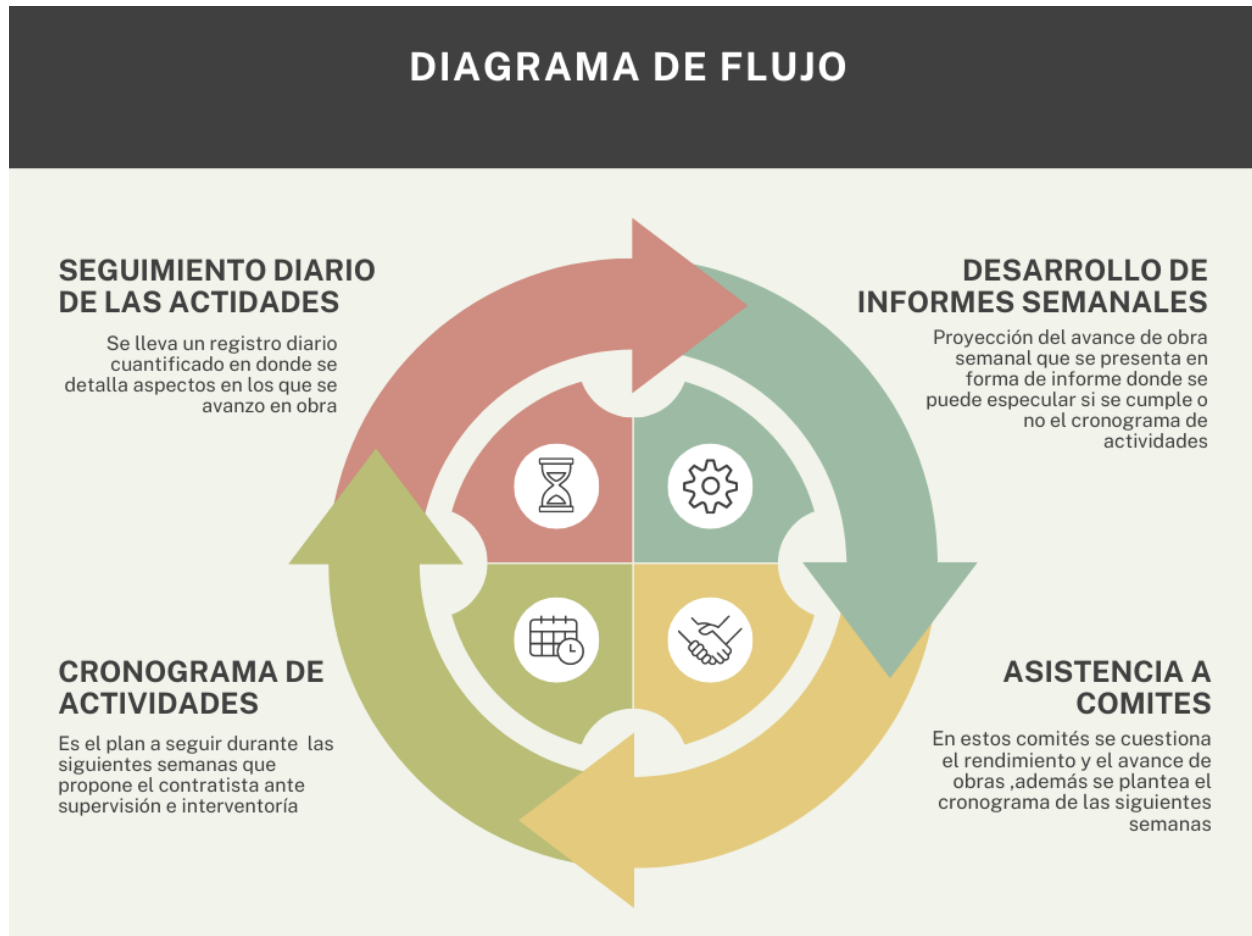
### **3.1 Flujo de actividades**

A continuación, se presenta el flujo típico de actividades semanales, que incluye las principales tareas que realizamos de manera constante para asegurar el adecuado seguimiento de los proyectos. Este esquema refleja las fases clave, desde el cronograma de actividades, hasta la recopilación de datos y la elaboración de informes. Sin embargo, es importante destacar que, en algunas semanas, se sumaban actividades adicionales en respuesta a necesidades emergentes o situaciones imprevistas que requerían atención inmediata.

Estas actividades extra, aunque no formaban parte del cronograma regular, eran cruciales para garantizar la adaptabilidad y el éxito de los proyectos, ya que permitían abordar retos específicos o atender modificaciones en los requerimientos del proyecto.

**Figura 13.**

*Diagrama de flujo de los aspectos del acompañamiento durante el proyecto.*



- **Cronograma de actividades**

El cronograma es una herramienta que nos permite organizar y planificar las tareas de cada semana, asegurando que todas las actividades estén alineadas con los objetivos del proyecto y los plazos establecidos. Este cronograma detalla las fechas, responsables y metas a cumplir, brindando una visión clara del avance y permitiendo realizar ajustes cuando sea necesario. A través de este

cronograma, se establece una estructura sólida que guía al equipo en la consecución de las tareas de manera eficiente.

- **Seguimiento diario de actividades**

El seguimiento diario consiste en una revisión continua del progreso de las tareas asignadas, lo que nos permite identificar el avance. Este monitoreo detallado asegura que las actividades se estén llevando a cabo según lo planeado y facilita la toma de acciones correctivas inmediatas cuando sea necesario. Además, el seguimiento diario promueve la comunicación constante entre los miembros del equipo, lo que contribuye a un mayor control y coordinación en el desarrollo de los proyectos.

- **Desarrollo de informes semanales**

Al final de cada semana, se consolida toda la información recopilada a lo largo de los días en un informe. Este informe incluye planos resaltando el progreso alcanzado, la cuantificación en obra y algunos detalles constructivos. Los informes semanales son esenciales para documentar el avance del proyecto y servir como un medio de rendición de cuentas ante la dirección y los comités.

- **Asistencia a comités**

La asistencia a los comités es una actividad clave dentro de nuestra labor, ya que en estas reuniones se presenta el informe semanal y se discuten los puntos críticos que podrían afectar el desarrollo del proyecto. Estos comités permiten la toma de decisiones informadas, la asignación

de recursos adicionales si es necesario, y la revisión de estrategias para corregir posibles desviaciones.

Nuestra participación en los comités garantiza que el equipo de supervisión esté alineado con las directrices de la alta dirección y que las decisiones tomadas reflejen las realidades operativas del proyecto.

### **3.2 Bitácora**

Se presenta un ejemplo de bitácora de la obra. La bitácora permite documentar de manera detallada el progreso de las tareas, los imprevistos, las decisiones tomadas y las instrucciones emitidas por los responsables de la supervisión. Este ejemplo refleja el formato usual utilizado, que incluye las siguientes secciones:

1. **Fecha, hora y lugar:** Cada entrada de la bitácora debe estar claramente registrada con la fecha y hora exacta, lo que permite un seguimiento cronológico preciso de los eventos y actividades.
2. **Descripción de actividades:** En esta sección se documentan las tareas ejecutadas durante el día, detallando el tipo de actividad, y el lugar específico donde se desarrollaron los trabajos. Esta información permite llevar un control del avance diario.
3. **Firma del tutor:** La bitácora debe estar firmada por la persona encargada de supervisar y verificar la correcta ejecución de las actividades. Esto no solo le da validez formal al registro, sino que también sirve como un medio de responsabilidad compartida entre los equipos de trabajo.

El uso de la bitácora de obra garantiza un registro histórico del proyecto, facilitando la revisión de los eventos pasados y sirviendo como una herramienta clave para la toma de decisiones futuras. Este ejemplo ilustra cómo un registro diario minucioso contribuye a la eficiencia operativa y a la gestión transparente de la obra. El registro de bitácoras y especificaciones se detallan en los anexos.

**Figura 14.**

*Ejemplo de la Bitácora durante el acompañamiento en la supervisión de construcción de redes eléctricas.*

**SEDE SALUD UIS**  
 -Bucaramanga/Santander/2024  
 - Informe horario -Lunes a Viernes: 7:00h a 12:00h - 14:00h a 17:00h  
**OBJETIVO:** Registrar el avance de la obra electrica / Escuela Ingenieria Electrica UIS

**BITACORA PRACTICAS UIS .**

INTEGRANTES			
1	DANIEL FERNANDO VARGAS CASTILLO - 2180206		
2	ROBERTH ELIAN SANGUINO MARIN - 2172749		

FECHA	HORAS	PISO NUMERO.	ACTIVIDADES DESCRIPCION
31/01/24	7-12am	Sotano 2.	Se empezaron marcaje de iluminacion para la zona comprendida entre los ejes G y J.
31/01/24	7-12am	Piso 2.	Se instalaron circuitos provisionales para las nuevas oficinas temporales del personal de contratacion.
31/01/24	2-5pm	Piso 3.	Se terminaron de instalar puntos electricos con respecto a planos en zona 3.
01/02/24	7-12am	Piso 3.	Se instalaron puntos electricos en zona 2 , numero total de puntos instalados 5.
01/02/24	7-12am	Piso 3.	Se instalaron puntos electricos entre ejes E-F,1-2 , numero total de puntos instalados 13.
01/02/24	2-5pm	Piso 1.	Se instalaron 3 camaras en la entrada principal de la obra y otras 2 ubicada en la entrada de la carrera 32.
02/02/24	7-12am	Piso 3.	Se instalaron los puntos electricos en zona 1, numero total de puntos instaladas 22.
02/02/24	7-12am	Piso 1,2.	Se instalaron camaras restantes suman un total de 10 camaras entre piso 1 y piso 2.
02/02/24	2-5pm	Piso 1,2.	Se utilizo bandeja portacables electrico para enviar cables de las camaras de seguridad.
05/02/24	7-12am	Sotano 2	Se continuo marcaje de iluminacion para la zona comprendida entre los ejes G y J.
05/02/24	7-12am	Piso 3	Se instalaron los puntos electricos en zona 1 y zona 2.
05/02/24	7-12am	Piso 1	Se hizo limpieza del Piso 1 para efectuar instalaciones de seguridad y otras.

### 3.3 Desarrollo de informe semanal

Este informe se divide en dos partes clave, cada una con un propósito específico para proporcionar una visión completa del estado del proyecto:

**Primera parte: Planos** – En esta sección, se presentan **los** planos actualizados del proyecto, los cuales sirven como una representación visual clara del progreso físico. Los planos destacan las áreas ya completadas, así como aquellas donde aún faltan instalaciones o trabajos por realizar. Se hace especial énfasis en los elementos pendientes, permitiendo a los equipos de trabajo y a la dirección identificar de manera rápida las zonas que requieren atención inmediata. Esta parte es crucial para el seguimiento visual de la obra y para asegurar que el trabajo se está desarrollando conforme a las especificaciones técnicas y al cronograma original.

**Segunda parte: Cantidades de obra** – La segunda sección del informe se enfoca en la cuantificación de las tareas realizadas y las que aún faltan por ejecutar. Aquí se detalla el volumen exacto de obra que se ha completado hasta la fecha, y se compara con las cantidades previstas en el plan inicial. La cuantificación precisa permite no solo tener un control más detallado sobre los avances físicos, sino también sobre los recursos utilizados y aquellos que aún se requieren para completar la obra. Este desglose numérico es fundamental para la toma de decisiones financieras y logísticas, ya que proporciona una visión clara del estado real del proyecto en términos de ejecución. Ambas partes, juntas, ofrecen una perspectiva completa y detallada, combinando una visión visual con datos cuantitativos que facilitan la evaluación del avance general y la planificación de los próximos pasos. Como ejemplo, se tomó el informe correspondiente al jueves 2 de mayo de 2024, el cual nos permite ilustrar el proceso de seguimiento y presentación de avances. Para simplificar, decidimos enfocarnos únicamente en una sección específica del proyecto: el sótano 2. El registro de los informes y especificaciones se encuentran en los anexos.

### ***3.3.1 Planos eléctricos***

Los planos eléctricos son una herramienta esencial para garantizar la correcta instalación, seguridad, mantenimiento y funcionalidad de los sistemas eléctricos. En este primer plano de tomas corrientes, se detallan claramente las áreas que aún presentan pendientes de instalación, las cuales se han resaltado en rojo para facilitar su identificación visual. Esta marcación permite al equipo de supervisión y a los responsables de la obra tener una visión precisa de las zonas que requieren atención prioritaria, asegurando que se puedan programar las acciones necesarias para completar las instalaciones pendientes.

La fecha de abril 15 de 2023, que se observa en el plano, corresponde a la fecha en la que este fue subido a la plataforma Trimble, una herramienta digital utilizada para la gestión de planos y la coordinación de proyectos.

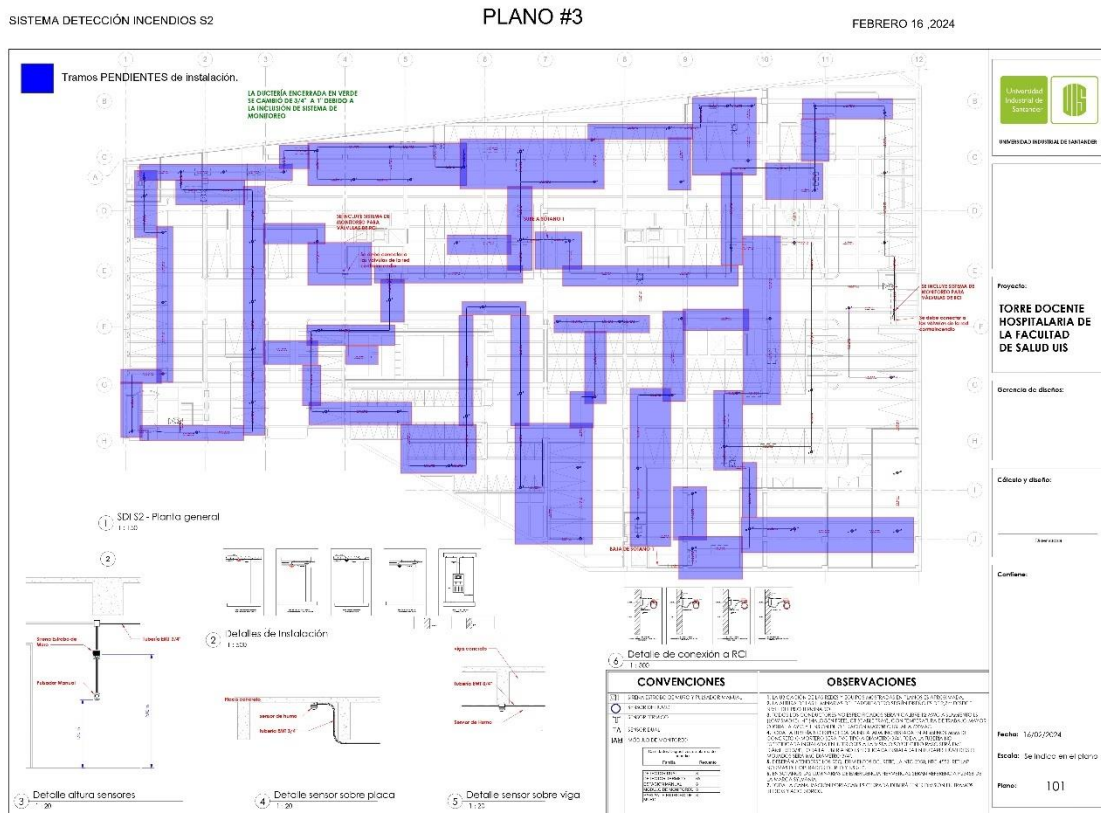
Este detalle de la fecha es crucial, ya que garantiza la trazabilidad del documento y asegura que cualquier modificación o ajuste realizado al plano después de esa fecha esté registrado en el sistema, promoviendo la transparencia y el control documental dentro del ciclo de vida del proyecto. Los planos técnicos y diagramas unifilares se detallan en los anexos.





**Figura 17.**

*Ejemplo plano técnico de redes eléctricas pendientes en la instalación durante seguimiento durante la obra.*




### 3.3.2 Cantidades de obra eléctrica

Aquí se presenta como forma de ejemplo las cantidades correspondientes al informe del 2 de mayo de 2024, las cuales detallan de manera precisa el avance físico del proyecto y los recursos empleados hasta esa fecha. Este informe incluye una cuantificación de las tareas realizadas y de las que aún faltan por ejecutar, lo que permite un control minucioso del progreso. Las tablas de cantidades de obra y especificaciones técnicas se detallan en el archivo de Microsoft Excel que se encuentran en los anexos.

**Figura 18.**

*Ejemplo tabla cantidades de obra instaladas en sótano 2.*

		CANTIDADES SÓTANO 2					FECHA DE EJECUCIÓN
							Jueves 02 de Mayo
ELECTRICO							
REFERENCIA	UNIDAD	TOTAL A CONSTRUIR	CANT. ACUMULADA EJEC. AL 02 MAY	PENDIENTE POR CONSTRUIR	CANT. CONSTRUIDA ENTRE 26 ABR - 02 MAY	OBSERVACIÓN	
Led 36W	UN	147	138	9	0,00		
Led emergencia 36W	UN	44	39	5	0,00		
Led panel RD 18 W	UN	6	0	6	0,00		
Led 18W	UN	15	0	15	0,00		
Led emergencia R1 2X1.6W	UN	25	0	25	0,00		
Salida emergencia	UN	3	0	3	0,00		
REFERENCIA	UNIDAD	TOTAL	CONSTRUIDO	PENDIENTE	OBSERVACIÓN	OBSERVACIÓN	
Tubería iluminacion	Tubo eléctrico (EMT), 3/4"	m	1166	1028	137,32	0,00	
	Tubo eléctrico (IMC), 3/4"	m	13,53	0	13,53	0,00	
Bandejas de potencia	m	379.890	379.890	0,00	0,00		
Tomas corrientes	UN	30	0	30	0,00		
DETECCION DE INCENDIOS							
REFERENCIA	UNIDAD	TOTAL A CONSTRUIR	CANT. ACUMULADA EJEC. AL 02 MAY	PENDIENTE POR CONSTRUIR	CANT. CONSTRUIDA ENTRE 26 ABR - 02 MAY	OBSERVACIÓN	
Tubería	Tubo eléctrico (EMT), 3/4"	m	673,74	98	575,74	98	
	Tubo eléctrico (EMT), 1"	m	173,36	22	151,36	22	

### 3.4 Trazabilidad de Planos y Modelos.

En este apartado se muestra un ejemplo de trazabilidad de planos y modelos correspondiente a la fecha del 24/04/2024. Este documento permite llevar un control detallado de las actualizaciones realizadas de los planos y modelos del proyecto, lo que asegura que todo el equipo esté trabajando con la versión más reciente y correcta de los mismos.

Cada modificación se acompaña de una breve descripción. Algunos de los aspectos clave en ajuste de las instalaciones eléctricas. Estas actualizaciones son necesarias para evitar futuros problemas durante la fase de operación. Cada una de estas modificaciones ha sido documentada asegurando la trazabilidad del proyecto, es decir, que cualquier miembro del equipo pueda revisar el historial de cambios y comprender las razones detrás de cada uno de ellos.

La trazabilidad es un aspecto esencial para mantener el control sobre las versiones de los planos y garantizar que las decisiones técnicas se basen en información actualizada y confiable.

**Figura 19.**

*Ejemplo tabla de acompañamiento en la instalación de redes eléctricas.*

N° PISO	RED ELÉCTRICA
<b>Sótano 2</b>	N.A.
<b>Sótano 1</b>	N.A.
<b>Piso 1</b>	Se actualiza plano y modelo de bandejas de potencia, se ajusta recorrido en zona de Bioterio.  Se actualiza plano y modelo de tomas electricos, se agregan puntos y se agregan cajas de derivacion y esquemas correspondientes.
<b>Piso 2</b>	N.A.
<b>Piso 3</b>	Se actualiza plano y modelo de bandejas de potencia, se ajusta recorrido en costado sur.  Se actualiza plano y modelo de tomas electricos, se agregan puntos y se agregan cajas de derivacion y esquemas correspondientes.
<b>Piso 4</b>	Se carga plano y modelo de bandejas de potencia en todo el piso.  Se actualiza plano y modelo de tomas electricos, se agregan puntos y se agregan cajas de derivacion y esquemas correspondientes.
<b>Piso 5</b>	N.A.

### **3.5 Herramientas Implementadas**

Las herramientas ofimáticas son esenciales en la ingeniería eléctrica, proporcionan soluciones efectivas para la gestión y el análisis de datos, el diseño técnico y la comunicación entre equipos de trabajo. Mejoran la productividad, favorecen la colaboración al permitir que múltiples usuarios trabajen en un mismo documento, y aumentan la precisión en los cálculos y diseños, asegurando que todos los detalles técnicos sean precisos y estén actualizados, reduciendo así la posibilidad de errores en proyectos críticos. Al integrar herramientas ofimáticas, los ingenieros eléctricos pueden optimizar sus procesos de trabajo y potenciar la calidad de sus proyectos. Para la ejecución de la obra se utilizan herramientas ofimáticas como AutoCAD, Plataforma online Trimble connect, Revit, Microsoft Word, Microsoft Excel.

- **Trimble**

Trimble Connect permite a los equipos compartir información del proyecto, como planos, modelos 3D, documentos, y otros archivos relevantes. Esto facilita la colaboración entre arquitectos, ingenieros, contratistas y otros profesionales involucrados en el proyecto, asegurando que todos tengan acceso a la última versión de los documentos.

La plataforma permite a los usuarios visualizar modelos 3D complejos directamente desde su navegador o dispositivos móviles sin necesidad de software especializado. Esto es especialmente útil en proyectos de construcción y diseño, donde la visualización del modelo permite entender mejor las dimensiones y características del proyecto. Trimble Connect se integra con diversas aplicaciones de diseño y modelado, como AutoCAD, & Revit. Esto permite a los usuarios importar y exportar modelos y datos fácilmente entre diferentes plataformas, manteniendo la coherencia del proyecto.

- **AutoCAD**

AutoCAD es una herramienta fundamental en la supervisión de una obra, ya que permite acceder, revisar y gestionar planos y modelos de diseño con precisión. Su uso en la supervisión de obras permite verificar si la construcción se ajusta a los planos aprobados.

Se usa AutoCAD para detectar inconsistencias entre los planos y lo que se está construyendo en la obra. Por ejemplo, permite identificar si un elemento no está ubicado correctamente o si las instalaciones eléctricas no coinciden con el diseño, asegurándose de que las especificaciones técnicas y de diseño se están siguiendo correctamente en el sitio de la obra. Esto incluye verificar dimensiones, alineaciones, niveles y detalles constructivos.

- **Revit**

Revit permite visualizar el proyecto en 3D, lo que facilita la comprensión de los detalles constructivos y las relaciones espaciales entre los distintos elementos del edificio. Esto ayuda a verificar si la construcción en el sitio coincide con el modelo digital y a detectar posibles problemas antes de que ocurran.

Esta plataforma nos da un mejor análisis visual de modelos 3D y planos de las redes eléctricas, identificando interferencias entre diferentes sistemas, como tuberías, conductos de aire, estructuras, y sistemas eléctricos. Esto es fundamental para resolver problemas antes de que se conviertan en costosos errores en el sitio de construcción. En un proyecto de construcción, múltiples disciplinas (arquitectura, estructura, mecánica, eléctrica, etc.) trabajan en conjunto. Revit facilita la coordinación entre estas disciplinas al integrar sus modelos en un solo archivo. Esto permite revisar cómo interactúan los diferentes sistemas y asegurarse de que todo esté alineado.

Revit permite realizar simulaciones y análisis dentro del modelo, como estudios de iluminación y energía. Utilizar estos análisis para asegurar que el edificio cumple con los requisitos de eficiencia y sostenibilidad establecidos en la fase de diseño.

- **Excel**

Excel es una herramienta versátil y ampliamente utilizada debido a su capacidad para gestionar, analizar y presentar datos de manera eficiente. Aunque Excel no es una herramienta de diseño o modelado, su flexibilidad en la manipulación de datos lo convierte en una herramienta esencial para diversas tareas de control en la construcción.

Se utiliza para crear y gestionar cronogramas de obra, permitiendo planificar y realizar un seguimiento de las actividades de construcción. En la supervisión de una obra, es crucial controlar el inventario de materiales y recursos. Excel permite crear listas de materiales usados en la obra. Gracias a Excel se pudo llevar un registro diario, semanal y mensual del avance de la obra. Este registro se pudo incluir tareas completadas, recursos utilizados, condiciones del sitio, y cualquier incidencia que ocurra durante la construcción.

- **Word**

Es una herramienta esencial en la supervisión de una obra, principalmente en la creación y gestión de documentos necesarios para la comunicación, documentación y registro de información relevante durante el proceso constructivo. Aunque no tiene las capacidades técnicas de software especializado, Word se utilizó ampliamente para tareas de reporte. Con esto se pudo crear informes detallados sobre el progreso de la obra, avances semanales y mensuales, incidentes en el sitio, y cualquier otro aspecto que deba ser documentado y comunicado a los gerentes de proyecto, ingenieros, interventoría o la misma UIS. Estos informes son esenciales para mantener a todas las partes interesadas informadas sobre el estado del proyecto.

A nivel mundial el uso de software con herramientas visuales y cuantitativas en la ejecución de proyectos de construcción no solo mejoran la eficiencia del proceso, sino que también fomentan un entorno colaborativo y organizado. En un sector donde los detalles son críticos, adoptar tecnologías avanzadas es indispensable para el éxito en la construcción moderna. Las aplicaciones son amplias, conjuntamente se utilizan, acoplan y dan un mejor entendimiento a las especificaciones técnicas constructivas que se ejecutan en el proyecto de la Facultad de Salud y tienen como objetivo un dimensionamiento adecuado.

### **3.6 Comités de obra**

En los comités de seguimiento, se realiza una evaluación del rendimiento y el avance de la obra, donde se revisan los informes presentados por el equipo de supervisión. Durante estas reuniones, se cuestiona el progreso alcanzado en relación con los objetivos establecidos en el cronograma anterior, identificando cualquier desviación, retraso o áreas de mejora. Los responsables del proyecto deben justificar el estado actual de las tareas, explicando las causas de cualquier variación respecto a lo planeado, ya sea por problemas técnicos, falta de recursos o condiciones imprevistas.


Este espacio es clave para tomar decisiones correctivas en caso de que se detecten retrasos significativos o problemas de calidad en la ejecución de la obra. Además, se discuten propuestas para optimizar los procesos y mejorar la eficiencia en las siguientes etapas. Paralelamente, en los comités también se plantea el cronograma de la semana siguiente, ajustando las tareas pendientes y redistribuyendo los recursos para asegurar que se puedan cumplir los nuevos objetivos dentro de los plazos establecidos. Se define un plan de acción que detalla las actividades específicas a ejecutar, los responsables de cada tarea y los recursos necesarios. Este cronograma revisado busca garantizar que la obra continúe avanzando de manera controlada y ordenada, permitiendo la

adaptación rápida a cualquier cambio en las condiciones del proyecto. En los anexos se presenta un documento ejemplo de un acta de reunión de comités con las temáticas tratadas en diferentes disciplinas interactivas de ingeniería de la obra en construcción de la nueva torre hospitalaria en la facultad de salud de la Universidad Industrial De Santander.

A continuación, se presenta un acta de reunión de comité de obra que trata las temáticas del mobiliario de los laboratorios donde se abordan la disposición de las redes eléctricas conjuntamente.

**Figura 20.**

*Ejemplo de acta de comité de obra acerca del mobiliario para la adecuación de los laboratorios.*

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA FACULTAD DE SALUD - UIS PRESUPUESTO MOBILIARIO				
				
MOBILIARIO PARA ADECUACION DE LABORATORIOS				
PISO 1				
CANT	LABORATORIOS / ZONAS	POS	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
<b>LABORATORIO 14 HEMATOLOGIA</b>				
1	PISO 1 LAB 14 HEMATOLOGIA	LAB14_HEMATO_M01	<p>MESA MURAL</p> <p>DIMENSIONES 2200 mm Longitud 750 mm Profundidad 900 mm Altura</p> <p>SUPERFICIE DE TRABAJO 2.2 m resina fenólica de 750 x 20 mm de espesor</p> <p>ESTRUCTURA DE SERVICIOS 1 x Conducto de servicios mural, 600mm x 184 x 252mm incl. unidad principal, tapa superior resina fenólica 5 mm</p> <p>MUEBLE 1 x mueble sobre zócalo - 600 mm longitud, elemento tirador, aluminio, 1 puerta, 1 entrepaño de altura regulable, Profundidad 550mm 1 x mueble sobre zócalo - 600 mm longitud, elemento tirador, aluminio, 3 cajones, Profundidad 550mm 1 x mueble sobre zócalo - 900 mm longitud, elemento tirador, aluminio, 2 puertas, 1 entrepaño de altura regulable, Profundidad 550mm 1 x mueble superior - 900 mm longitud, elemento tirador, aluminio, 2 puertas de vidrio, 1 entrepaño de altura regulable, Profundidad 350mm 1 x mueble superior - 1200 mm longitud, elemento tirador, aluminio, 2 puertas de vidrio, 1 entrepaño de altura regulable, Profundidad 350mm</p> <p>ELECTRICIDAD 3 x Base de enchufe por panel 2x doble 125 V, 15 A</p>	Puntos eléctricos en mesa mural (1,20m)
2	PISO 1 LAB 14 HEMATOLOGIA	LAB14_HEMATO_M02	<p>FREGADERO</p> <p>DIMENSIONES 1500 mm Longitud 760 mm Profundidad 900 mm Altura</p> <p>FREGADERO 1,5 m superficie de trabajo de gres 760 x 26/33 mm con reborde de delante y detrás 1 x seno de gres 400 X 400 X 250 mm</p> <p>MUEBLES 1 x mueble sobre zócalo de lavado - 1500 mm longitud, elemento tirador, aluminio, 3 puertas, Profundidad 550mm</p> <p>SERVICIOS SANITARIOS 1 x Grifo mezclador monomando de sobremesa (WPH) + (WPC) 1 x tubería de suministro 1 x tubería de desagüe 1 x Lavajos simple</p> <p>EQUIPAMENTOS 1 x Escurrematraces</p>	Registro y puntos sanitarios.

En este comité de obra se abordan las temáticas del mobiliario de los laboratorios de la nueva torre hospitalaria en la facultad de salud, en los comités de obra se da la participación

dinámica por parte de la división de planta física de la Universidad Industrial De Santander, interventoría y disciplinas que desarrollan la ejecución del proyecto moderno en la Facultad de Salud.

#### **4. Verificación de pérdidas técnicas.**

Desarrollando uno de los objetivos planteados durante el acompañamiento en la supervisión que corresponde con la verificación de las pérdidas técnicas y regulaciones de tensión de algunos circuitos seleccionados del proyecto realizando los cálculos de ingeniería, se realiza el estudio del conductor económico e interpretar su elección enmarcando que estén dentro de los rangos estipulados según la normativa eléctrica. El cálculo del conductor económico en instalaciones eléctricas se refiere a la determinación del tamaño óptimo del conductor (cable eléctrico) que minimiza los costos totales a lo largo de la vida útil del sistema. Estos costos incluyen tanto el costo inicial del conductor como los costos de operación, que son principalmente las pérdidas de energía debido a la resistencia eléctrica del conductor. Las fórmulas utilizadas para los cálculos de conductor económico hacen parte de las guías técnicas y metodológica de Empresas Públicas De Medellín (EPM) las cuales se encuentran en los anexos.

#### **Factores Considerados en el Cálculo del Conductor Económico:**

1. Costo del Material del Conductor: Un conductor de mayor sección transversal tiene un costo inicial más alto debido al mayor uso de material.
2. Pérdidas de Energía: Conductores con secciones transversales más pequeñas generan mayores pérdidas de energía debido a la resistencia eléctrica, lo que incrementa los costos operativos.

3. Costos de Instalación: Incluyen mano de obra, ductos, conexiones, entre otros. A veces, un conductor más grueso puede implicar costos adicionales en estos aspectos.

### **Importancia del Cálculo del Conductor Económico:**

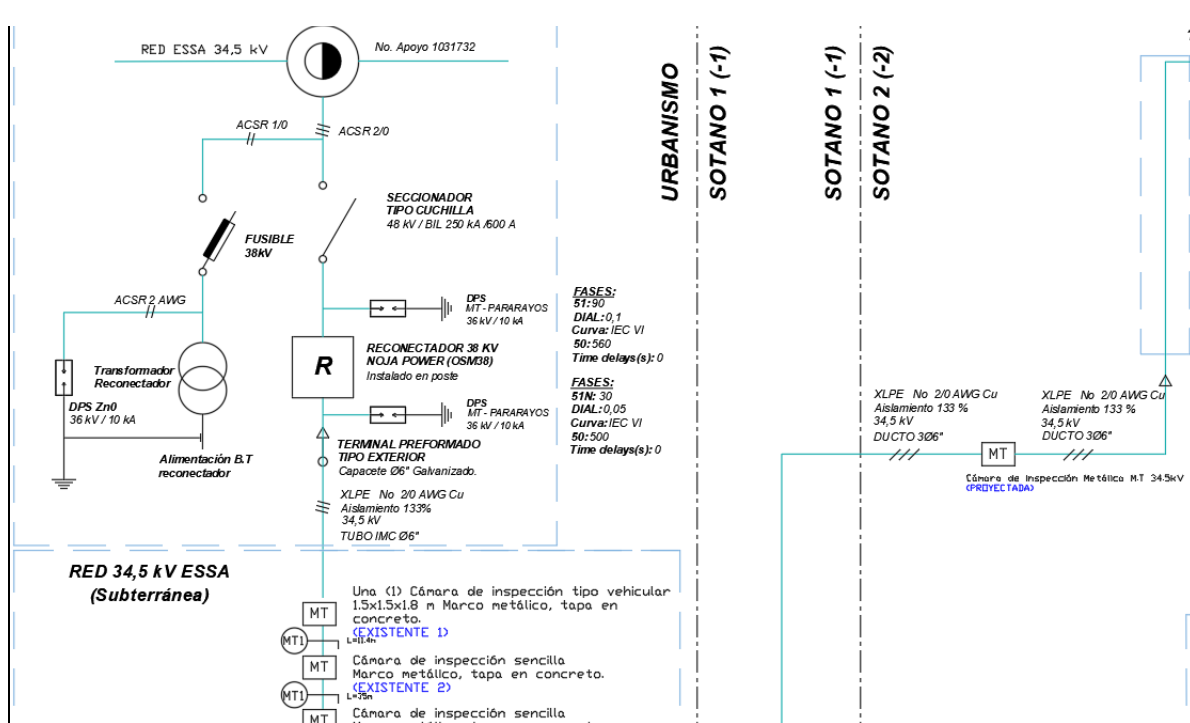
1. Optimización de Costos: Ayuda a equilibrar entre el costo inicial y los costos de operación, reduciendo el costo total a lo largo de la vida útil del sistema.
2. Operación en la red: Un conductor mal dimensionado puede llevar a sobrecalentamientos o pérdidas excesivas, acortando la vida útil del sistema eléctrico.
3. Cumplimiento Normativo: Asegura que la instalación cumpla con los estándares de seguridad y eficiencia energética establecidos por las normativas vigentes.

### **4.1 Diagrama Unifilares y rutas eléctricas**

Un diagrama unifilar es una representación simplificada de un sistema eléctrico que muestra sus componentes principales y la conexión entre ellos utilizando una única línea para representar cada circuito. Su principal objetivo es mostrar la interconexión de componentes eléctricos utilizando una sola línea para representar cada circuito, lo cual simplifica la visualización de las conexiones en el sistema. A continuación, se presentan los diagramas unifilares para los 3 tramos de circuitos del proyecto en construcción para los cuales se desarrollan los cálculos correspondientes del conductor económico. Los planos técnicos y diagramas unifilares se detallan en los anexos.

Figura 21.

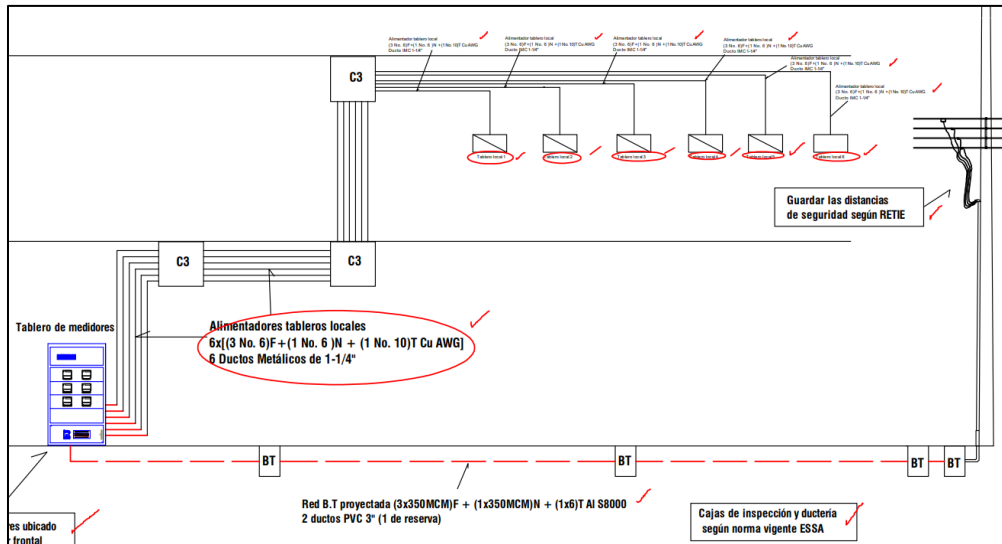
Diagrama unifilar de la red de media tensión para el tramo 1.



- Tramo #1 Media Tensión (Apoyo 1031732- subestación eléctrica) **319 metros**
- Tramo #2 Baja Tensión (Apoyo 1039692- Tablero medidores) **88 metros**
- Tramo #3 Baja Tensión (Tablero medidores- Hasta local #3) **58 metros**

**Figura 22.**

*Ejemplo rutas de conexión de red eléctrica.*



#### 4.1.1 Cálculos de ingeniería.

Los cálculos de ingeniería son fundamentales en el diseño, análisis y ejecución de proyectos en diversas disciplinas de la ingeniería, como civil, mecánica, eléctrica, industrial y muchas otras. Se utiliza la guía metodológica y la norma técnica en Cálculo de Conductor Económico por parte de Empresas Públicas de Medellín (EPM), como referencia principal para obtener las ecuaciones y constantes necesarias.

#### Capacidad de corriente

Se calcula la capacidad de corriente nominal que debe soportar cada tramo, con base en esta corriente se preselecciona algunos calibres de conductores que soporten esta corriente.

**Figura 23.**

*Tabla de los parámetros eléctricos de los tramos de circuitos.*

#TRAMO	VLn	VL	S trifasica tetrafilar	S monofasico trifilar	S monofasico bifilar	Trifasico tetrafilar Inom
TRAMO 1	19918,58	34500	2500000	3000	2000	41,83697603
TRAMO 2	120,0889	208	48150	3000	2000	133,6510359
TRAMO 3	120,0889	208	8875	3000	2000	24,63453673

**Figura 24.**


*Tabla comparativa entre los 3 tramos de circuitos.*

Corriente del conductor en media tension	Corriente del conductor en baja tension	THD	I <sub>total</sub>	P <sub>total</sub>	
48,11252243	52,29622004	2	49,07477288	2000000	Media tension
153,6986913	167,0637948	2	170,4050707	38520	Baja tension
28,32971724	30,79317091	2	31,40903433	7100	Baja tension

Se hace una investigación de los rangos permisibles por parte del operador de red en la normativa, lo cual confirmamos que la distorsión de tensión este dentro de los límites permitidos por Empresas Públicas de Medellín.

**Figura 25.**

*Tabla de límites de distorsión de tensión.*

	Unidad Centro de Excelencia Técnica Normalización y Laboratorios	
	Guía Metodológica N° 01: Cálculo de conductor económico	
<b>Tabla 2 Límites de distorsión de tensión</b>		
<b>Barra de tensión V en el PCC</b>	<b>Armónico individual (%)</b>	<b>Distorsión armónica total (%)</b>
$V \leq 1.0 \text{ kV}$	5.0	8.0
$1.0 \text{ kV} < V \leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$161 \text{ kV} < V$	1.0	1.5 <sup>a</sup>
<sup>a</sup> Los sistemas de alta tensión pueden tener hasta un 2,0% de THD cuando la causa es un terminal HVDC cuyos efectos se habrán atenuado en los puntos de la red donde los futuros usuarios pueden estar conectados.		

#### 4.1.2 Regulación de tensión

La caída de tensión es la reducción del voltaje a lo largo de un conductor cuando la corriente eléctrica fluye a través de él. Esta caída ocurre debido a la resistencia del material conductor, que provoca una pérdida de energía en forma de calor. Es importante porque si la caída de tensión es excesiva, puede afectar el funcionamiento de los dispositivos eléctricos conectados, reduciendo su eficiencia o incluso dañándolos. Mantener la caída de tensión dentro de los límites recomendados asegura un suministro de energía confiable y protege los equipos eléctricos, optimizando su rendimiento.

En el estudio del conductor económico, cuando la caída de tensión no es significativa, se puede despreciar como factor relevante en la toma de decisiones. Esto ocurre cuando la resistencia del conductor es lo suficientemente baja y las distancias involucradas no generan una pérdida considerable de energía, lo que significa que la caída de tensión no afectará el rendimiento del

sistema eléctrico. Al no tener un impacto notable en la eficiencia ni en el funcionamiento de los equipos, se puede priorizar otros factores, como el costo del conductor y su capacidad de corriente, al momento de elegir el conductor más económico y adecuado para el proyecto.

**Figura 26.**

Tabla cálculos de caída de tensión de los circuitos.

Longitud Tramo	S Potencia en KVA	Momento electrico	Caída de tension PORCENTUAL
0,319	2500000	797500	0,000697421
0,319	2500000	797500	0,000851584
0,319	2500000	797500	0,000902004
0,319	2500000	797500	0,000936055
0,319	2500000	797500	0,001029508
0,0878	48150	4227,57	0,10338237
0,0878	48150	4227,57	0,107446285
0,0878	48150	4227,57	0,114182947
0,0878	48150	4227,57	0,114182947
0,0878	48150	4227,57	0,112453333
0,058	8875	514,75	0,042884648
0,058	8875	514,75	0,019615057
0,058	8875	514,75	0,004345404
0,058	8875	514,75	0,00396759
0,058	8875	514,75	0,008888261

**Efecto joule**

Cuando una corriente eléctrica fluye a través de un conductor, los electrones que se mueven chocan con los átomos del material del conductor. Estas colisiones provocan un aumento en la vibración de los átomos, lo que se traduce en un incremento de la temperatura del conductor. Cuanta mayor sea la resistencia del material, más calor se generará por el mismo flujo de corriente y más energía se desperdiciará en transporte, por eso una vez seleccionado los conductores que soportan la corriente nominal ya calculada anteriormente, se calcula las pérdidas por calor que tienes cada una de estas y descartamos las que exceden las pérdidas máximas tolerables permitidas

por la ESSA. A continuación, se presentan los cálculos de ingeniería aplicada para los 3 tramos.

La hoja de cálculos aplicados en Excel se encuentra detallada en los anexos.

**Figura 27.**

*Tabla cálculos de ingeniería aplicado para 3 circuitos instalados.*

#TRAMO	V <sub>Ln</sub>	V <sub>L</sub>	Corriente Nominal conductor	Corriente nominal calculada	Resistencia conductor	Reactancia Conductor	Longitud Tramo	Factor de perdidas	S trifasica tetrafilar
TRAMO 1	19918,58	34500							2500000
2 AWG	19918,58	34500	190	49,07477	0,523	0,187	0,319	3,42	2500000
1/0	19918,58	34500	280	49,07477	0,329	0,18	0,319	3,42	2500000
2/0	19918,58	34500	300	49,07477	0,261	0,177	0,319	3,42	2500000
4/0	19918,58	34500	405	49,07477	0,164	0,167	0,319	3,42	2500000
250	19918,58	34500	455	49,07477	0,0992	0,171	0,319	3,42	2500000
TRAMO 2	127,0171	220					0,0878		48150
250	127,0171	220	340	170,405	0,177	0,171	0,0878	2,5	48150
300	127,0171	220	375	170,405	0,128	0,164	0,0878	2,5	48150
350	127,0171	220	420	170,405	0,128	0,164	0,0878	2,5	48150
400	127,0171	220	455	170,405	0,128	0,164	0,0878	2,5	48150
500	127,0171	220	515	170,405	0,095	0,157	0,0878	2,5	48150
TRAMO 3	127,0171	220					0,058		8875
10	127,0171	220	40	31,409	3,94	0,207	0,058	1,8	8875
8	127,0171	220	60	31,409	2,56	0,213	0,058	1,8	8875
6	127,0171	220	80	31,409	1,61	0,21	0,058	1,8	8875
4	127,0171	220	105	31,409	1,02	0,197	0,058	1,8	8875
2	127,0171	220	140	31,409	0,656	0,187	0,058	1,8	8875

A continuación, se presenta el porcentaje de pérdidas por efecto Joule, mostrando únicamente las pérdidas por porcentaje para un sistema trifásico, que es el tipo de circuito que utilizaremos en todos los tramos.

**Figura 28.**

*Tabla de resultados de potencias aplicado para 3 circuitos instalados.*

Trifasico tetrafilar		Monofasico Trifilar		Monofasico Bifilar		Trifasico tetrafilar Inom
Activa	Reactiva	Activa	Reactiva	Activa	Reactiva	
0	0	0	0	0	0	0
4122,458367	1473,99563	2061,229184	736,9978152	2748,305578	982,6637536	0,164898335
2593,28643	1418,819323	1296,643215	709,4096617	1728,85762	945,8795489	0,103731457
2057,288019	1395,172335	1028,644009	697,5861673	1371,525346	930,1148898	0,082291521
1292,70205	1316,349039	646,3510251	658,1745195	861,8013668	877,566026	0,051708082
781,9270938	1347,878357	390,9635469	673,9391786	521,2847292	898,5855715	0,031277084
0	0	0	0	0	0	0
3384,493723	3269,765122	1692,246861	1634,882561	2256,329148	2179,843414	7,029062767
2447,543483	3135,915088	1223,771741	1567,957544	1631,695655	2090,610058	5,083164035
2447,543483	3135,915088	1223,771741	1567,957544	1631,695655	2090,610058	5,083164035
2447,543483	3135,915088	1223,771741	1567,957544	1631,695655	2090,610058	5,083164035
1816,536179	3002,065053	908,2680894	1501,032527	1211,024119	2001,376702	3,772660807
0	0	0	0	0	0	0
1217,380089	63,95880163	608,6900445	31,97940081	811,586726	42,63920109	13,71695875
790,9880781	65,81267994	395,4940391	32,90633997	527,3253854	43,87511996	8,912541725
497,457346	64,88574078	248,728673	32,44287039	331,6382307	43,25716052	5,605153194
315,1593124	60,86900445	157,5796562	30,43450222	210,1062082	40,5793363	3,551090844
202,690695	57,77920727	101,3453475	28,88960363	135,12713	38,51947151	2,283838817

**Figura 29.**

*Tabla de porcentaje de pérdidas máximas tolerables por nivel de tensión para las empresas del grupo de Empresas Públicas de Medellín.*

% de pérdidas máximas tolerables					
Nivel de tensión	EPM	ESSA	CENS	CHEC	EDEQ
Nivel I (V<1 kV)	3.88	5.22	5.17	3.42	4.93
Nivel II (1 kV ≤ V 30 < kV)	1.12	1.36	1.10	1.81	1.54
Nivel III (30 kV ≤ V 57.5 < kV)	1.21	3.42	2.52	1.36	1.55

- ❖ Se señalan en rojo las pérdidas de los conductores que superan los límites permitidos por parte del operador de red ESSA, de esta manera se descarta los calibres de conductores seleccionados.

### 4.1.3 Costos de instalación.

Los costos de instalación de un conductor incluyen todos los gastos asociados al proceso, como el precio de los materiales (conductores, conectores, aisladores, estructuras), la mano de obra necesaria (electricistas, ingenieros), el uso o alquiler de equipos especializados (grúas, herramientas), el transporte de materiales y personal, los permisos y licencias requeridos, así como el tiempo invertido en la instalación. Aquí solo se presenta el precio del conductor ya que los demás ítems deberían ser iguales.

A continuación, se muestra una tabla de precios por metro de cada conductor seleccionado previamente para cada tipo de tramo, considerando las especificaciones y los costos asociados a cada uno de ellos.

**Figura 30.**

*Tabla de precios por metro de cada conductor.*

TIPO DE CONDUCTOR	PRECIO POR METRO
2 awg 35kV 133% XLPE Cu 90°C	\$ 96.000,00
1/0 awg 35kV 133% XLPE Cu 90°C	\$ 101.900,00
2/0 awg 35kV 133% XLPE Cu 90°C	\$ 123.000,00
4/0 awg 35kV 133% XLPE Cu 90°C	\$ 146.000,00
250 mcm 35kV 133% XLPE Cu 90°C	\$ 165.000,00
Cable 250 MCM kcmil 600V Cu 90°C THHN/THWN-2	\$ 107.000,00
Cable 300 MCM kcmil 600V Cu 90°C THHN/THWN-2	\$ 134.000,00
Cable 350 MCM kcmil 600V Cu 90°C THHN/THWN-2	\$ 150.000,00
Cable 400 MCM kcmil 600V Cu 90°C THHN/THWN-2	\$ 170.000,00
Cable 500 MCM kcmil 600V Cu 90°C THHN/THWN-2	\$ 212.000,00
Cable 10 AWG 600V calibre THHN Cu 90°C	\$ 3.800,00
Cable 8 AWG 600V calibre THHN Cu 90°C	\$ 6.100,00
Cable 6 AWG 600V calibre THHN Cu 90°C	\$ 11.479,00
Cable 4 AWG 600V calibre THHN Cu 90°C	\$ 18.137,00
Cable 2 AWG 600V calibre THHN Cu 90°C	\$ 25.000,00

#### 4.1.4 Costos de operación.

El costo de operación está directamente influenciado por el comportamiento de la carga en un período de tiempo determinado. Para calcularlo, es necesario conocer el tiempo de uso de la instalación, el precio de la energía (kWh), las pérdidas de energía, el crecimiento de la demanda, así como la configuración de los conductores, incluyendo su material y el número de fases.

Una vez que se ha seleccionado el conductor asegurando que no exceda los límites permitidos de pérdidas, se procede a calcular los costos relacionados con las pérdidas por efecto Joule. Se uso La Guía Técnica Colombiana (GTC 221) para definir la tolerancia de pérdidas.

**Figura 31.**

*Tabla de costos y datos de conductores.*

# TRAMO	Factor de aumento de carga y aumento de la energía	Aumento anual de costo de energía	Aumento anual de carga	Coefficiente de aumento de carga	Duración de la Operación en años	Tasa de descuento	Costo anual de cubrir las pérdidas por suministro adicional	Costo de un Vatio hora al nivel de tension	Tiempo de Funcionamiento (MAX 8760 Horas)	Numero de Circuitos	Numero de conductores fase	F
<b>TRAMO 1</b>												
2 AWG	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836
1/0	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836
2/0	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836
4/0	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836
250	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836
<b>TRAMO 2</b>												
250	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836
300	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836
350	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836
400	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836
500	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836
<b>TRAMO 3</b>												
10	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836
8	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836
6	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836
4	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836
2	1,125	2	0,5	17,9785682	10	5	0,015	0,8678	8760	1	3	1025,03836

#### 4.1.5 Resultados.

Los resultados del análisis del conductor económico se muestran en la tabla 30, donde se evaluaron diversas alternativas de conductores en función de sus costos de instalación y operación. La tabla presenta columnas que incluyen el tipo de conductor, el precio por metro, la capacidad de corriente, las pérdidas por efecto Joule y los costos asociados a dichas pérdidas. Además, se consideraron variables como la longitud del tramo, el tiempo de utilización y el precio de la energía

para calcular el costo total a lo largo de la vida útil de la instalación. El conductor óptimo (resaltado en verde) fue seleccionado al comparar la relación costo-beneficio, priorizando aquellos que minimizan las pérdidas y los costos operativos.

**Figura 32.**

Tabla de resultados y costos.

Resistencia Conductor	Longitud Tramo	Costos de Operación Guia Tecnica Colombia GTC 221	Costos de Instalacion por longitud en m	costo de instalacion en kilometros por longitud de tramo	Costos Totales
0,523	0,319	\$ 926.683,76	\$ 96.000,00	\$ 30.624.000,00	\$ 31.550.683,76
0,329	0,319	\$ 582.942,56	\$ 101.900,00	\$ 32.506.100,00	\$ 33.089.042,56
0,261	0,319	\$ 462.455,95	\$ 123.000,00	\$ 39.237.000,00	\$ 39.699.455,95
0,164	0,319	\$ 290.585,35	\$ 146.000,00	\$ 46.574.000,00	\$ 46.864.585,35
0,0992	0,319	\$ 175.768,70	\$ 165.000,00	\$ 52.635.000,00	\$ 52.810.768,70
0,328	0,0878	\$ 1.928.659,95	\$ 107.000,00	\$ 9.394.600,00	\$ 11.323.259,95
0,253	0,0878	\$ 1.487.655,39	\$ 134.000,00	\$ 11.765.200,00	\$ 13.252.855,39
0,203	0,0878	\$ 1.193.652,35	\$ 150.000,00	\$ 13.170.000,00	\$ 14.363.652,35
0,203	0,0878	\$ 1.193.652,35	\$ 170.000,00	\$ 14.926.000,00	\$ 16.119.652,35
0,171	0,0878	\$ 1.005.490,40	\$ 212.000,00	\$ 18.613.600,00	\$ 19.619.090,40
3,94	0,058	\$ 519.942,20	\$ 3.800,00	\$ 220.400,00	\$ 740.342,20
2,56	0,058	\$ 337.830,47	\$ 6.100,00	\$ 353.800,00	\$ 691.630,47
1,61	0,058	\$ 212.463,69	\$ 11.479,00	\$ 665.782,00	\$ 878.245,69
1,02	0,058	\$ 134.604,33	\$ 18.137,00	\$ 1.051.946,00	\$ 1.186.550,33
0,656	0,058	\$ 86.569,06	\$ 25.000,00	\$ 1.450.000,00	\$ 1.536.569,06

Tomando como ejemplo el tramo 3, se presenta la gráfica para el tramo 3, la cual se visualizan tres líneas que representan el comportamiento de los costos totales, los costos de instalación y los costos de operación a lo largo del tiempo. La línea de costos totales muestra la suma de los costos de instalación y operación, evidenciando la tendencia general del gasto acumulado.

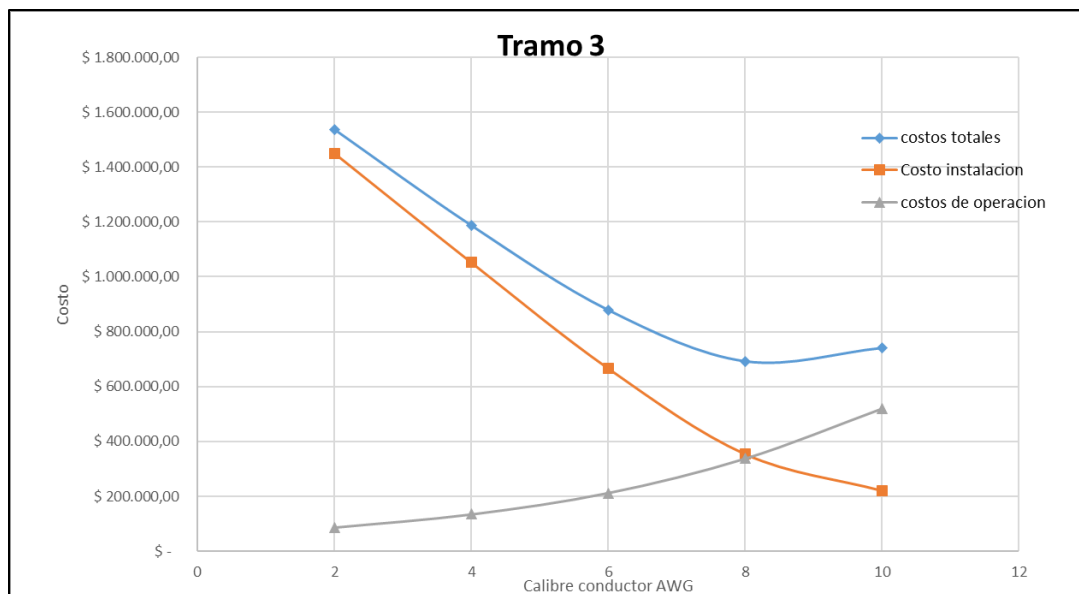
El punto mínimo de la curva de costos totales en la gráfica representa el valor óptimo donde la combinación de los costos de instalación y los costos de operación es la más baja posible a lo largo del tiempo. Este punto es crucial porque identifica la alternativa de conductor más

económica, equilibrando el gasto inicial de instalación con los costos operativos acumulados. Elegir un conductor en este punto garantiza que se minimicen las pérdidas de energía y se maximice la eficiencia económica de la instalación, evitando costos operativos excesivos en el futuro sin incurrir en una inversión inicial demasiado elevada.

En la gráfica, los dos puntos más bajos en la línea de costos totales no se tomaron en cuenta porque no cumplían con los porcentajes de pérdidas tolerables establecidos. Esta restricción es fundamental para garantizar la eficiencia y la seguridad de la instalación. Por lo tanto, se optó por seleccionar el conductor 6 AWG 600V calibre THHN Cu 90 °C, que, aunque no es el más económico en términos absolutos, cumple con las normativas de pérdidas permitidas y representa una opción viable que equilibra adecuadamente el costo de instalación y los costos operativos a largo plazo.

**Figura 33.**

*Grafica para la selección del conductor económico del tramo 3.*



## 5. Conclusiones

- Durante las prácticas empresariales nos desempeñamos en desarrollar actividades de acompañamiento diario en la supervisión de la obra eléctrica con la División de Planta Física de la Universidad Industrial de Santander lo cual representan una experiencia profesional real del ejercicio de la ingeniería eléctrica, aplicando conocimientos en lectura de planos eléctricos, uso de herramientas ofimáticas como AutoCAD, Microsoft Office, Trimble connect entre otros y participación en comités de obra, dando como resultado instalaciones eléctricas más confiables y eficientes para la comunidad educativa de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander.
- El análisis de los conductores económicos reveló la importancia de equilibrar los costos de instalación y operación, considerando las pérdidas de energía permitidas. A veces los conductores con los costos totales más bajos no cumplen con las normativas tolerables, es importante garantizar el cumplimiento de los estándares técnicos y operativos, asegurando así una instalación eficiente y sostenible. Este enfoque no solo minimiza los gastos a largo plazo, sino que también optimiza la eficiencia energética, contribuyendo a un uso más responsable y efectivo de los recursos.

### Referencias bibliográficas

- Electrificadora De Santander (ESSA). (s.f.). *Normas Técnicas Vigentes, (EPM)*. Obtenido de <https://www.essa.com.co/site/proveedores/normastecnicasvigentes>
- ICONTEC. (2020). *Norma Técnica Colombiana NTC 2050. Código Eléctrico Colombiano*.
- IEEE Std 80. (2000). *Guide for safety in AC Substation Grounding*.
- Ministerio de Minas y Energía. (2013). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. RETIE*.
- Organismo de normalización. (2019). *Guía Técnica Colombiana, (GTC 221)*.
- Project Management Institute. (2021). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK\_7a Edición, PMI)*.
- Trimble Connect. (2024). Obtenido de <https://www.trimble.com/en>
- Universidad Industrial de Santander. (2022). *Sistema de información UIS, Procesos de contratación (año 2022)*. Obtenido de <https://uis.edu.co/uis-contratacion-es/>

## **Apéndices**

Para ver los anexos adjuntos, deben ser consultados en la base de datos de la Biblioteca  
UIS.