

Auxiliar de ingeniería para la supervisión técnica y administrativa de la obra civil de la línea de distribución eléctrica Mogotes y la subestación eléctrica del proyecto Yariguíes en el área de proyectos de la Electrificadora de Santander.

Jhonatan Alexander Fuentes Alarcón

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Silvia Juliana Tijo López

Ph.D. in Building Construction

Tutor Empresarial

Styven Armando Carvajal Mejía

Esp. Gerencia e interventoría de obras civiles

Universidad Industrial de Santander

Facultad de ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2025

### **Dedicatoria**

A Dios, fuente de fortaleza y guía en cada paso de mi vida, por ser luz en mi camino y brindarme la sabiduría necesaria para alcanzar este logro.

A mis padres, José Gilberto Fuentes y Sandra Alarcón León, por su amor incondicional, entrega y apoyo constante. Ustedes han sido la mayor inspiración y los pilares que me han sostenido para llegar hasta aquí.

A mi hermana, Jaciel Samara, cuya llegada llenó de motivación y esperanza mi vida, impulsándome cada día a superarme. Su cariño y compañía han sido fundamentales en este proceso.

Y a Valentina, mi apoyo incondicional en este proceso académico, por acompañarme con paciencia, cariño y confianza, convirtiéndose en parte esencial de este logro.

### **Agradecimientos**

A la Electrificadora de Santander, y en especial al área de Proyectos, por darme la oportunidad de realizar mis prácticas en una entidad referente del sector eléctrico. Esta experiencia fue decisiva para fortalecer mis conocimientos, adquirir nuevas competencias y comprender la relevancia de la ingeniería en el desarrollo regional.

A la ingeniera Yuli Paola Cáceres Remolina y al ingeniero Styven Armando Carvajal Mejía, quienes con su profesionalismo y compromiso compartieron sus conocimientos y enseñanzas, los cuales se convirtieron en un pilar fundamental para mi formación. Del mismo modo, agradezco a todos los ingenieros del área de Proyectos, de quienes recibí valiosos aprendizajes que marcaron de manera significativa mi desarrollo académico y personal.

A la profesora Silvia Juliana Tijo López, directora de este trabajo de grado, por su orientación y confianza, cualidades determinantes para culminar con éxito esta etapa.

Finalmente, a la Universidad Industrial de Santander, mi casa de estudios, por ser durante estos años un espacio de formación integral, donde encontré no solo conocimiento técnico, sino también los valores y la motivación necesarios para proyectarme como futuro ingeniero civil y egresado de una de las mejores universidades del país.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
<b>Introducción</b> .....	14
<b>1. Objetivos</b> .....	17
1.1 Objetivo General.....	17
1.2 Objetivos Específicos.....	17
<b>2. Marco teórico</b> .....	18
2.1 Marco Contextual.....	18
2.1.1 Descripción de la Empresa y sus Antecedentes .....	18
2.1.2 Contexto Local, Nacional e Internacional. ....	18
2.1.3 Descripción del Proyecto .....	19
2.2 Marco Conceptual.....	20
2.3 Marco Legal .....	22
<b>3. Metodología</b> .....	23
3.1 Fase 1: Revisión y análisis de planos y documentos técnicos .....	24
3.1.1 Revisión detallada de los planos de la subestación Yariguíes .....	24
3.1.2 Identificación de inconsistencias o errores en planos y documentos.....	25
3.1.3 Análisis de presupuestos y Análisis de Precios Unitarios (APU).....	25
3.1.4 Revisión de normativas y especificaciones técnicas.....	26
3.2 Fase 2: Implementación y uso de herramientas de control y seguimiento .....	26
3.2.1 Creación del archivo Excel para calcular, verificar y consolidar las cantidades de obra ejecutadas .....	27

3.2.2	Uso del archivo como herramienta de control. ....	27
3.2.3	Registro y sistematización de evidencias fotográficas de las actividades ejecutadas. ....	27
3.2.4	Preparación de actas de comités y seguimiento. ....	28
3.2.5	Apoyo en la actualización del cronograma. ....	28
3.3	Fase 3: Supervisión de calidad de materiales y ensayos de laboratorio .....	29
3.3.1	Revisión y aprobación de los resultados de los ensayos de cilindros de concreto. .	29
3.3.2	Control del proceso de curado de cilindros. ....	30
3.3.3	Vaciado del concreto. ....	30
3.3.3.1	Preparación previa al vaciado. ....	30
3.3.3.2	Durante el vaciado. ....	31
3.3.3.3	Posterior al vaciado. ....	31
3.3.4	Revisión de certificados de calidad. ....	31
3.3.5	Verificación de certificados de equipos y maquinaria. ....	31
3.3.6	Evaluación del estudio de suelos. ....	32
4.	<b>Resultados</b> .....	32
4.1	Fase 1: Revisión y análisis de planos y documentos técnicos .....	32
4.1.1	Revisión detallada de planos de la subestación .....	32
4.1.2	Análisis de especificaciones técnicas y normativas aplicables .....	35
4.1.3	Validación de cantidades de obra mediante software especializado .....	37
4.1.4	Diseño de desagüe pluvial en conjunto con el tutor .....	38
4.2	Fase 2: Implementación y uso de herramientas de control y seguimiento .....	41

4.2.1 Creación y aplicación del archivo Excel para control de cantidades de obra .....	42
4.2.2 Control y verificación de actas de obra.....	42
4.2.3 Control y seguimiento de muestras de concreto .....	44
4.2.4 Elaboración y seguimiento de actas de comités de obra.....	46
4.2.5 Actualización y control del cronograma de obra .....	47
4.3 Fase 3: Supervisión de calidad de materiales y ensayos de laboratorio .....	47
4.3.1 Verificación de materiales y recepción en obra.....	47
4.3.2 Supervisión de ensayos de laboratorio y pruebas de resistencia.....	50
4.3.3 Extracción de núcleos de cimentación en torre.....	52
4.3.4 Revisión de cimentaciones.....	53
4.3.5 Supervisión de vaciados de concreto .....	54
4.3.6 Supervisión de rellenos en la subestación Yariguíes .....	56
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>57</b>
<b>6. Recomendaciones .....</b>	<b>59</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>60</b>

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Resumen del presupuesto de obra general del proyecto Yariguíes.....	33
<b>Tabla 2</b> Normas técnicas y reglamentos aplicados en el proyecto.....	37

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Vista isométrica de la localización general de la subestación Yarigués .....	35
<b>Figura 2</b> Extracto del anexo técnico CRW 20238372_V2 .....	36
<b>Figura 3</b> Modelo 3D de la plataforma y volúmenes de relleno en Civil 3D.....	38
<b>Figura 4</b> Perfil longitudinal del sistema de drenaje pluvial .....	39
<b>Figura 5</b> Trazado en planta del drenaje con tuberías, cajas de inspección y pendientes .	39
<b>Figura 6</b> Validación de cálculos hidráulicos y pendientes mediante hoja de cálculo en Excel.....	40
<b>Figura 7</b> Detalle constructivo de las cajas de conexión del drenaje pluvial. ....	41
<b>Figura 8</b> Archivo en Excel elaborado por el practicante para control de cantidades semanales de obra .....	42
<b>Figura 9</b> Archivo en Excel desarrollado por el practicante para el consolidado de actas de obra.....	43
<b>Figura 10</b> Archivo en Excel elaborado por el practicante como soporte de la Acta No. 10 en Excel.....	44
<b>Figura 11</b> Archivo en Excel elaborado por el practicante para el control de resistencia de cilindros de concreto del proyecto Yarigués.....	45
<b>Figura 12</b> Archivo en Excel actualizado por el practicante para el control de resistencia de cilindros de concreto del proyecto línea Mogotes.....	46
<b>Figura 13</b> Remisión de acero .....	48
<b>Figura 14</b> Certificado de ensayo de acero.....	48

<b>Figura 15</b> Informe ensayo de granulometría en material de relleno, proyecto Yariguíes.	49
<b>Figura 16</b> Informe de ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto, línea Mogotes.....	50
<b>Figura 17</b> Informe de ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto en cimentación tipo caisson, proyecto Yariguíes.....	51
<b>Figura 18</b> Informe de ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto en muros de contención, proyecto Yariguíes.....	51
<b>Figura 19</b> Extracción de núcleo de cimentación, línea Mogotes .....	52
<b>Figura 20</b> Informe de ensayo de resistencia a la compresión de núcleos de concreto.....	53
<b>Figura 21</b> Torres de distribución.....	54
<b>Figura 22</b> Chequeo de actividades durante el vaciado, línea Mogotes.....	55
<b>Figura 23</b> Chequeo de actividades durante el vaciado, subestación Yariguíes .....	55
<b>Figura 24</b> Toma de cilindros para ensayos posteriores.....	56
<b>Figura 25</b> Proceso de compactación del material, subestación Yariguíes .....	56
<b>Figura 26</b> Toma de densidades, cono de arena .....	57

### Glosario

**Caisson:** cimentación profunda de concreto que se ejecuta mediante excavación manual o mecánica, destinada a soportar cargas elevadas en suelos de baja capacidad portante.

**Celosía:** sistema estructural compuesto por perfiles metálicos dispuestos en forma triangular, que conforma el esqueleto de las torres eléctricas. Su diseño permite transmitir cargas de manera eficiente y reducir el peso total de la estructura.

**CMT (Cajas de Media Tensión):** equipos de maniobra y protección que permiten la conexión, desconexión y distribución de circuitos eléctricos en redes de media tensión, asegurando la operación y seguridad del sistema.

**Concreto ciclópeo:** mezcla de cemento, agua y agregados, dentro de la cual se incorporan piedras de gran tamaño para aumentar resistencia y reducir consumo de mezcla.

**Ducto eléctrico:** canalización destinada al tendido de cables eléctricos en una subestación.

**Formaleta:** encofrado temporal, de madera, metal o plástico, utilizado para contener el concreto fresco hasta que este fragüe y adquiera la forma deseada.

**Hormiguero:** vacíos o huecos en el concreto endurecido producidos por deficiencia en la vibración, mala colocación o exceso de agua en la mezcla, los cuales afectan la resistencia y durabilidad de la estructura.

**Núcleo:** elemento cilíndrico extraído de una estructura de concreto endurecido, utilizado en ensayos de laboratorio para determinar resistencia a la compresión y calidad del material.

**Paneta:** elemento de concreto en forma rectangular que se emplea en el refuerzo y protección de cimentaciones o estructuras específicas.

**Punta diamante:** elemento de concreto en forma piramidal que se construye sobre los pedestales de las torres eléctricas. Su función principal es facilitar el escurrimiento del agua de lluvia y evitar acumulaciones que puedan deteriorar la estructura.

**Segregación:** separación de los componentes del concreto fresco (cemento, agua y agregados) debido a mala dosificación, exceso de vibración o transporte inadecuado, lo que compromete la homogeneidad y resistencia del material.

**Slump:** ensayo que mide la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco a través de la altura que pierde un cono de Abrams al ser retirado el molde.

**Solado:** capa de concreto simple colocada directamente sobre el terreno natural, utilizada como superficie de limpieza y base regularizada para el posterior vaciado de concreto estructural.

**Subestación eléctrica:** instalación donde se transforma, regula y distribuye la energía eléctrica, mediante equipos de alta tensión, celdas de media tensión, transformadores y sistemas de protección, permitiendo la interconexión de distintos niveles de voltaje.

**Torre eléctrica:** estructura metálica utilizada para soportar conductores en líneas de transmisión y distribución de energía, garantizando la distancia y seguridad necesarias.

### Resumen

**Título:** Auxiliar de ingeniería para la supervisión técnica y administrativa de la obra civil de la línea de distribución eléctrica Mogotes y la subestación eléctrica del proyecto Yariguíes en el área de proyectos de la Electrificadora de Santander.

**Autor:** Jhonatan Alexander Fuentes Alarcón

**Palabras Clave:** Supervisión técnica, Obra civil, Subestación eléctrica, Control de calidad, Línea de distribución.

**Descripción:** Este trabajo se enfocó en el apoyo a la supervisión técnica y administrativa de los proyectos de construcción de la línea de distribución eléctrica realizada en Mogotes y la subestación eléctrica Yariguíes realizada en Barrancabermeja de la ESSA. A través de una metodología estructurada en tres fases (Revisión y análisis de planos y documentos técnicos, Implementación y uso de herramientas de control y seguimiento, Supervisión de calidad de materiales y ensayos de laboratorio) se logró garantizar el cumplimiento de estándares técnicos y normativos y plazos establecidos. Se implementaron herramientas de control para el seguimiento en el avance de obra con cantidades y calidad de los materiales, lo que permitió identificar desfases en los tiempos establecidos para el cumplimiento de las actividades a tiempo o garantizando que las actividades se realicen en el menor tiempo.

En la fase de revisión y análisis de planos y documentos técnicos, se revisaron planos, actividades, cantidades, especificaciones técnicas y la programación de cada una de las actividades a realizar. En la fase de implementación y uso de herramientas de control y seguimiento, se elaboraron herramientas ofimáticas para llevar un control de actividades realizadas semana a semana y del avance de cantidades desarrolladas, permitiendo identificar retrasos y aplicar medidas correctivas para que los proyectos estén dentro de los plazos establecidos. De igual forma, en la fase de supervisión de calidad de materiales y ensayos de laboratorio, con base en los resultados obtenidos, se garantizó que los materiales, incluido el concreto vaciado en sitio, cumplieran con las normativas vigentes y las condiciones establecidas en el diseño. Este trabajo realizado en la Electrificadora de Santander aporta una base para la mejora continua de los procesos de supervisión técnica y administrativa de proyectos de obra civil.

---

Auxiliar de Ingeniería para la supervisión técnica y administrativa de obras civiles. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Civil. Directora: Silvia Juliana Tijo López. Ph.D. in Building Construction. Tutor: Styven Armando Carvajal Mejía. Especialista en gerencia e interventoría de obras civiles.

### Abstract

**Title:** Engineering assistant for the technical and administrative supervision of the civil works of the Mogotes electrical distribution line and the electrical substation of the Yariguíes project in the projects area of the Electrificadora de Santander.

**Author:** Jhonatan Alexander Fuentes Alarcón

**Key Words:** Technical supervision, Civil works, Electrical substation, Quality control, Distribution line.

**Description:** This work focused on supporting the technical and administrative supervision of the construction projects of the electrical distribution line carried out in Mogotes and the Yariguíes electrical substation built in Barrancabermeja by ESSA. Through a methodology structured in three phases (Review and analysis of drawings and technical documents, Implementation and use of control and monitoring tools, Supervision of material quality and laboratory testing), it was possible to ensure compliance with technical and regulatory standards as well as established deadlines. Control tools were implemented to monitor project progress regarding quantities and material quality, which made it possible to identify deviations from the planned schedule and guarantee that activities were completed on time or in the shortest possible timeframe.

In the review and analysis phase of drawings and technical documents, plans, activities, quantities, technical specifications, and the scheduling of each task to be carried out were examined. In the implementation and use of control and monitoring tools phase, office-based tools were developed to maintain a weekly record of the activities performed and the progress of executed quantities, allowing the identification of delays and the application of corrective measures to keep the projects within the established timeframe. Similarly, in the supervision of material quality and laboratory testing phase, based on the results obtained, it was ensured that the materials, including the cast-in-place concrete complied with current regulations and the conditions established in the design. This work carried out at Electrificadora de Santander provides a foundation for the continuous improvement of technical and administrative supervision processes in civil works projects.

---

Engineering Assistant for the Technical and Administrative Supervision of Civil Works. Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Civil Engineering. Director: Silvia Juliana Tijó López, Ph.D. in Building Construction. Tutor: Styven Armando Carvajal Mejía, Specialist in Management and Supervision of Civil Works.

## Introducción

La supervisión técnica y administrativa en proyectos de infraestructura eléctrica cumple un papel decisivo para asegurar que cada etapa constructiva se ejecute con calidad, continuidad y eficiencia. En el caso de la Electrificadora de Santander (ESSA), la construcción de la subestación Yariguíes y de la línea de distribución eléctrica en Mogotes representó un reto significativo, no solo por la complejidad de los procesos, sino también por la necesidad de cumplir con los plazos definidos y con las normas vigentes. En este tipo de proyectos, cualquier cambio en los diseños, en las especificaciones técnicas o en la programación de actividades puede ocasionar sobrecostos, retrasos y afectar la confiabilidad del servicio eléctrico en la región. Bajo este panorama surge la pregunta que orienta este trabajo: ¿cómo optimizar la supervisión técnica y administrativa en las obras civiles de ESSA para garantizar el cumplimiento de tiempos, requisitos normativos y una gestión adecuada de los recursos?

En el ámbito internacional, la gestión de proyectos de infraestructura eléctrica se ha consolidado como una estrategia clave para disminuir riesgos de retrasos, fallas constructivas y sobrecostos. Instituciones como el Project Management Institute (PMI, 2017) han difundido metodologías que buscan estandarizar procesos y promover buenas prácticas en la planeación, ejecución y control. En este marco, la supervisión técnica cobra un rol estratégico, ya que asegura la aplicación de los requerimientos normativos y el uso eficiente de los recursos disponibles. A nivel nacional, la Electrificadora de Santander enfrenta desafíos similares en la ejecución de sus obras, donde la complejidad de las actividades exige una planeación cuidadosa y un control

permanente. A esto se suma el cumplimiento de regulaciones como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE, 2021) y la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), que resultan fundamentales para garantizar la seguridad y la calidad de las obras de infraestructura eléctrica.

El propósito principal de este trabajo fue supervisar técnica y administrativamente los proyectos de obra civil adelantados por el área de Proyectos de la ESSA, en particular la construcción de la subestación Yariguíes, ubicada en Barrancabermeja, y la línea de distribución eléctrica en Mogotes. El proceso de supervisión buscó asegurar el cumplimiento de las especificaciones técnicas, la aplicación de la normativa vigente y una gestión eficiente de los recursos económicos, evitando incrementos injustificados en los costos por actividades no contempladas o por desviaciones atribuibles al contratista. Como punto de partida, se planteó la hipótesis de que la implementación de un sistema de supervisión y control riguroso, apoyado en estándares internacionales y regulaciones nacionales, permitiría optimizar la ejecución de los proyectos de obra civil y reducir riesgos asociados a sobrecostos y retrasos.

Este proyecto tuvo un impacto relevante tanto en el plano técnico como en el social. Desde el punto de vista técnico, contribuyó a fortalecer los procesos de supervisión y control de las obras civiles en infraestructura eléctrica, al establecer mecanismos que ayudaron a reducir riesgos relacionados con cambios en diseños, cantidades de obra o costos de ejecución. En el ámbito social, la entrada en operación de la subestación Yariguíes y de la línea de distribución en Mogotes favorece la continuidad y confiabilidad del servicio eléctrico, beneficiando directamente a los usuarios de la región y apoyando el desarrollo económico local. En el plano académico y profesional, esta experiencia representó la oportunidad de consolidar competencias propias de la

ingeniería civil, como el análisis de especificaciones, la verificación de cantidades y la gestión administrativa de recursos. Para dar estructura al trabajo, se adoptó un enfoque aplicado, fundamentado en actividades de supervisión, control de calidad y análisis administrativo, organizadas en tres fases metodológicas.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Realizar supervisión técnica y administrativa de la ejecución en la obra civil de la línea de distribución eléctrica Mogotes y la subestación eléctrica del proyecto Yariguíes, para garantizar su correcta ejecución conforme a los estándares de calidad, tiempos y costos establecidos, dentro de las normativas vigentes aplicables al área de proyectos de la Electrificadora de Santander.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Identificar posibles inconsistencias o errores en los planos y documentos técnicos del proyecto mediante la revisión y análisis de estos, para garantizar que las actividades de obra se desarrollen conforme a las especificaciones

Implementar herramientas de control y seguimiento de desarrollo propio para monitorear las cantidades de obra ejecutadas, optimizando la toma de decisiones y el cumplimiento de los plazos y presupuestos

Supervisar los ensayos de calidad y revisión de materiales utilizados en la obra, con el fin de asegurar que cumplan con las normativas técnicas y de calidad vigentes en la Electrificadora de Santander.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1 Marco Contextual**

#### **2.1.1 Descripción de la Empresa y sus Antecedentes.**

La Electrificadora de Santander (ESSA) es una empresa de servicios públicos de carácter mixto dedicada a la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica en el departamento de Santander y sus zonas de influencia. A lo largo de su trayectoria se ha consolidado como un actor clave para el desarrollo regional, liderando proyectos de modernización y expansión de la infraestructura eléctrica, al mismo tiempo que trabaja en la mejora continua de la calidad y continuidad del servicio. En los últimos años, ESSA ha incorporado políticas de eficiencia energética y sostenibilidad, alineadas con la normatividad nacional y las exigencias propias del sector eléctrico. Con estas acciones no solo aporta al bienestar de los usuarios, sino que también fortalece la competitividad de la región y responde a los retos tecnológicos y ambientales que plantea el contexto actual.

#### **2.1.2 Contexto Local, Nacional e Internacional.**

A nivel internacional, la gestión de proyectos de infraestructura eléctrica se reconoce como un factor determinante para asegurar la estabilidad económica y la competitividad regional. La aplicación de buenas prácticas de supervisión y control contribuye a optimizar recursos y reducir riesgos en la ejecución de obras complejas.

En Colombia, el sector eléctrico ha avanzado hacia la modernización y la sostenibilidad, a través de políticas orientadas a ampliar la cobertura, diversificar las fuentes de energía y garantizar la confiabilidad del servicio frente a una demanda en constante crecimiento.

A nivel local, la ESSA cumple un papel estratégico en Santander y zonas vecinas, garantizando la continuidad y calidad del servicio eléctrico. Sus proyectos requieren un control técnico y administrativo riguroso, que permita asegurar eficiencia, sostenibilidad y capacidad de respuesta frente a las necesidades presentes y futuras de la región.

### **2.1.3 Descripción del Proyecto**

El proyecto Yariguíes contempla la construcción de una subestación eléctrica en Barrancabermeja, concebida para aumentar la capacidad del sistema y mejorar la confiabilidad en la transmisión de energía en esta zona estratégica del Magdalena Medio. Esta infraestructura permitirá atender el crecimiento de la demanda energética y contribuirá al desarrollo industrial, económico y social de la región.

De manera complementaria, en el municipio de Mogotes se adelanta la construcción de una línea de distribución eléctrica que alimentará una nueva subestación en el casco urbano. Este proyecto responde a la necesidad de ampliar la cobertura, modernizar las redes existentes y mejorar la calidad del servicio eléctrico. Con su puesta en marcha, se espera reducir las interrupciones, incrementar la confiabilidad y garantizar soporte técnico para el crecimiento urbano y rural del municipio.

Durante la práctica empresarial, el estudiante participó como auxiliar de ingeniería en la supervisión técnica y administrativa de las obras civiles vinculadas a estos proyectos. Sus actividades incluyeron la verificación de cantidades de obra, el control de calidad de materiales y ensayos de laboratorio, la gestión documental y el apoyo en la coordinación con los equipos de trabajo. Estas funciones aportaron al cumplimiento de los estándares de calidad, los plazos

establecidos y las normativas vigentes, asegurando la correcta ejecución de cada una de las etapas constructivas.

## **2.2 Marco Conceptual**

### **2.2 Marco Conceptual**

**Proyecto:** Un proyecto se entiende como un esfuerzo temporal ejecutado para crear un producto, servicio o resultado único, con objetivos claros, recursos limitados y un tiempo de ejecución determinado (PMI, 2017). En el caso de la ESSA, los proyectos de infraestructura eléctrica representan intervenciones críticas para ampliar la cobertura, garantizar la continuidad del servicio y modernizar el sistema eléctrico en la región.

**Supervisión Técnica:** La supervisión técnica corresponde al proceso sistemático de verificación y control de las actividades constructivas, con el fin de garantizar que estas se desarrollen de acuerdo con los planos, las especificaciones técnicas, las normas vigentes y los estándares de calidad. Incluye la inspección de materiales, el seguimiento de los procedimientos de obra y la detección de desviaciones, permitiendo implementar medidas correctivas oportunas

**Obras Civiles en Infraestructura Eléctrica:** Comprenden las actividades de cimentación, cerramientos, plataformas, drenajes y estructuras de soporte necesarias para garantizar la estabilidad y seguridad de los equipos eléctricos. Estas labores son esenciales para el buen funcionamiento del sistema y para asegurar su durabilidad en el tiempo.

**Control de Calidad en Construcción:** Se entiende como el conjunto de procedimientos que aseguran el cumplimiento de normas y especificaciones técnicas en materiales, métodos constructivos y procesos de instalación (NSR-10, 2010). En los proyectos de ESSA, este control

resulta vital para prevenir fallas técnicas, reducir riesgos estructurales y garantizar la eficiencia de las obras.

**Ensayos de Materiales:** Son pruebas técnicas que confirman que los materiales empleados cumplen con los estándares requeridos. En los proyectos supervisados se incluyen ensayos de resistencia del concreto a 7, 14 y 28 días, pruebas de asentamiento y control de calidad en aceros estructurales. Estos ensayos aseguran la solidez de cimentaciones, pedestales y estructuras de soporte.

**Cronograma de Actividades:** Es una herramienta de planificación que organiza las tareas de un proyecto en una secuencia temporal, definiendo duración, responsables y dependencias. En ESSA, su aplicación permite comparar el avance real con lo programado y aplicar medidas correctivas cuando se presentan retrasos.

**Gestión de Cambios:** Proceso mediante el cual se identifican, evalúan y autorizan modificaciones en alcance, costos o tiempos de un proyecto. En infraestructura eléctrica resulta clave para responder a imprevistos como ajustes de diseño o incrementos en cantidades de obra, evitando que las modificaciones afecten la calidad o la continuidad del servicio.

**Comunicación en Proyectos:** La comunicación efectiva asegura que la información fluya de manera clara y oportuna entre todos los actores involucrados (PMI, 2017) Durante la práctica empresarial, este aspecto se materializó en la elaboración de informes técnicos, la coordinación con contratistas y la participación en reuniones de seguimiento, lo que facilitó la toma de decisiones y la resolución de problemas en obra.

### 2.3 Marco Legal

- **NSR-10 (Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente):** establece los requisitos para el diseño y construcción de estructuras capaces de resistir sismos, garantizando la estabilidad y la protección de la vida humana, incluso en plataformas y edificaciones auxiliares de subestaciones eléctricas.
- **NTC 2050 – Código Eléctrico Colombiano:** regula los aspectos técnicos y de seguridad de instalaciones eléctricas de baja, media y alta tensión. Garantiza la selección adecuada de materiales, equipos y procedimientos para reducir riesgos y asegurar la continuidad del servicio.
- **Ley 143 de 1994 – Régimen Eléctrico Colombiano:** define el marco para la generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el país, estableciendo responsabilidades del Estado y de los agentes del sector, con el fin de asegurar calidad, cobertura y eficiencia.
- **RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas):** de cumplimiento obligatorio en el diseño y construcción de subestaciones y líneas, regula la seguridad, la confiabilidad y la eficiencia energética de las instalaciones eléctricas.
- **Normas Técnicas Colombianas (NTC):** establecen lineamientos de calidad para materiales y procesos de construcción. Entre las más aplicadas en proyectos eléctricos se encuentran:

**NTC 121:** Concreto estructural – requisitos de desempeño y calidad.

**NTC 2289:** Aceros de refuerzo para estructuras de concreto.

**NTC 673:** Cemento Portland – especificaciones técnicas.

**NTC 3963:** Ensayo de asentamiento del concreto (Slump Test).

**NTC 3658:** Procedimientos para extracción y ensayo de núcleos de concreto.

- **INVIAS 220:** norma del Instituto Nacional de Vías que regula procedimientos de diseño y construcción de infraestructura vial. Se aplica en proyectos eléctricos cuando se requiere construir accesos, explanaciones, terraplenes o rellenos asociados a subestaciones o líneas.
- **ASTM (American Society for Testing and Materials):** estándares internacionales que complementan la normativa nacional, utilizados para ensayos de materiales como concreto, aceros y suelos.
- **Resolución 0330 de 2017 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio):** establece el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS). Su aplicación es clave en el diseño y construcción de sistemas de drenaje y desagüe pluvial, garantizando la correcta evacuación de aguas.

### 3. Metodología

La metodología planteada para el desarrollo de la práctica profesional se organizó en tres fases, enfocadas en el acompañamiento técnico y administrativo tanto de la construcción de la subestación Yariguíes en Barrancabermeja como del proyecto de línea de distribución eléctrica en Mogotes. Cada fase reúne actividades orientadas a la revisión, control y verificación de los procesos constructivos, lo que permite asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad, los plazos de ejecución y los lineamientos normativos correspondientes.

### **3.1 Fase 1: Revisión y análisis de planos y documentos técnicos**

La primera fase de la práctica se centró en la verificación de la información consignada en los planos y documentos de diseño de la subestación Yariguíes y de la línea de distribución en Mogotes. El objetivo principal fue comprobar que las cantidades, dimensiones y volúmenes proyectados correspondieran con las condiciones reales de obra, asegurando así coherencia con los presupuestos, los análisis de precios unitarios (APU) y el cronograma de ejecución. Este proceso resultó clave para anticipar posibles ajustes y garantizar que la planeación coincidiera con la realidad constructiva.

#### **3.1.1 Revisión detallada de los planos de la subestación Yariguíes**

Al inicio de la práctica se me entregó un archivo en Excel con las actividades previstas dentro del presupuesto del proyecto, junto con los planos estructurales, arquitectónicos y de redes de la subestación Yariguíes. Entre ellos se incluían los planos de muros de contención, cerramiento, banco de ductos, cuarto eléctrico, foso del transformador, diseño pluvial, tuberías y tanque de aceite. Con esa información se comenzó una revisión detallada, comparando las cantidades y medidas indicadas en los planos con las registradas en el presupuesto. El propósito fue verificar la coherencia entre los documentos técnicos y los valores consignados en los Análisis de Precios Unitarios (APU), asegurando que los volúmenes de obra y las especificaciones fueran consistentes con la realidad constructiva.

Para desarrollar el proceso de manera ordenada, se estableció una metodología basada en los capítulos del presupuesto (preliminares, excavaciones, rellenos, estructuras, cerramientos, redes, entre otros) y en las diferentes áreas de la subestación. De este modo, cada elemento fue

revisado individualmente, garantizando una cobertura completa de todas las actividades contempladas.

Durante este proceso se elaboró una hoja de cálculo donde se fueron actualizando las cantidades revisadas, lo cual permitió identificar diferencias y registrar las correcciones que se iban comunicando al tutor de la práctica. Aunque la mayoría de la información coincidía, en algunos casos se encontraron ajustes menores en medidas y volúmenes, que representaron cerca del 8 % del total de ítems revisados. Estos pequeños ajustes ayudaron a depurar la información técnica antes de que la obra avanzara, evitando posibles reprocesos o sobrecostos.

En términos generales, esta etapa resultó clave para conocer a fondo el proyecto y garantizar que los documentos técnicos estuvieran completamente alineados con las condiciones reales de la obra, facilitando las siguientes fases de supervisión y control

### **3.1.2 Identificación de inconsistencias o errores en planos y documentos.**

Durante la revisión se detectaron algunas diferencias puntuales relacionadas con medidas o cantidades, especialmente en estructuras de concreto, redes de tuberías y los muros de cerramiento. Estos detalles fueron informados y revisados junto al tutor, para garantizar que la información estuviera unificada antes del inicio de las actividades de campo.

El ejercicio de contrastar los planos con el presupuesto y las actividades planificadas resultó muy útil, ya que permitió disponer de un control técnico más preciso y una base de datos confiable para el seguimiento de la ejecución.

### **3.1.3 Análisis de presupuestos y Análisis de Precios Unitarios (APU).**

En paralelo con la revisión de planos, se validaron los presupuestos y análisis de precios unitarios asociados a cada actividad constructiva. El propósito fue garantizar que las cantidades de

obra correspondieran con lo proyectado y que los costos calculados reflejaran rendimientos reales. Esta verificación se convirtió en una herramienta de control financiero y administrativo, fundamental para dar transparencia al proceso y prevenir reclamaciones posteriores por actividades adicionales o sobrecostos no justificados.

#### **3.1.4 Revisión de normativas y especificaciones técnicas.**

Finalmente, se revisó la normativa técnica aplicable a las actividades de obra civil y eléctrica. Se tuvo en cuenta el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), las Normas Técnicas Colombianas (NTC) y la NSR-10 en lo relacionado con la resistencia sísmica. Este ejercicio permitió establecer un marco regulatorio de referencia que sirvió como guía para la planeación y la supervisión, asegurando que las actividades se ejecutaran bajo criterios de seguridad, calidad y confiabilidad, en coherencia con los lineamientos internos de ESSA y la normativa nacional.

#### **3.2 Fase 2: Implementación y uso de herramientas de control y seguimiento**

Al inicio de la práctica, el proyecto Yariguíes se encontraba en sus primeras etapas, lo que orientó el trabajo hacia la creación de mecanismos que facilitarían un seguimiento claro, sistemático y confiable de las actividades desarrolladas por el contratista. Estas herramientas permitieron consolidar información diaria y ordenada, esencial para la supervisión técnica y administrativa.

En paralelo, el proyecto de la línea de distribución de Mogotes ya registraba varios meses de ejecución, por lo cual el énfasis se centró en la revisión, apoyo y optimización de los instrumentos de control y seguimiento previamente implementados.

### **3.2.1 Creación del archivo Excel para calcular, verificar y consolidar las cantidades de obra ejecutadas**

Se diseñó y programó un archivo en Excel que integraba las actividades propias del proyecto y permitía automatizar el cálculo de las cantidades de obra reportadas por el contratista. Esta herramienta consolidaba información en distintos niveles: sumatorias mensuales, acumulados totales, valores pagados y actividades pendientes.

Su estructura facilitó la verificación inmediata de los reportes frente a lo realmente ejecutado en campo, permitiendo identificar incrementos o inconsistencias. De esta manera, se redujeron errores de digitación y se disminuyó el riesgo de discrepancias entre lo ejecutado, lo certificado y lo pagado, convirtiéndose en un insumo esencial para el control técnico y financiero.

### **3.2.2 Uso del archivo como herramienta de control.**

El archivo Excel no solo funcionó como repositorio de datos, sino también como herramienta de verificación semanal al contrastar lo reportado por la constructora con las mediciones realizadas en obra. Este procedimiento permitió detectar diferencias y solicitar aclaraciones oportunas al contratista.

Gracias a este control, se garantizó la coherencia entre los avances físicos y los registros documentales, evitando pagos por actividades no ejecutadas o cantidades sobredimensionadas. Así, el archivo se consolidó como un mecanismo de verificación objetiva que fortaleció la confiabilidad de los reportes técnicos y financieros del proyecto.

### **3.2.3 Registro y sistematización de evidencias fotográficas de las actividades ejecutadas.**

Otro componente clave del seguimiento fue la organización y sistematización de evidencias fotográficas de las actividades ejecutadas en campo. El proceso incluyó la recopilación,

clasificación y almacenamiento de imágenes con fecha, obtenidas tanto en visitas directas como a partir de los reportes entregados por la constructora, dada la imposibilidad de permanecer de manera permanente en obra.

Estas evidencias visuales se emplearon como soporte en comités de obra, informes técnicos y presentaciones de avance, fortaleciendo la trazabilidad del proyecto. Además, sirvieron como respaldo en la resolución de discrepancias, al aportar pruebas objetivas sobre el estado real de las actividades en el momento de su ejecución.

#### **3.2.4 Preparación de actas de comités y seguimiento.**

Se participó en la elaboración de actas de los comités de obra junto con el tutor y el equipo de supervisión de los diferentes frentes (civiles, eléctricos, ambientales y sociales). En ellas se documentaron acuerdos, compromisos y observaciones, convirtiéndose en instrumentos formales de seguimiento.

Posteriormente, los compromisos consignados se controlaron mediante herramientas documentales que permitieron verificar su cumplimiento dentro de los plazos acordados. Con ello, se fortaleció la comunicación entre los actores del proyecto y se aseguró la trazabilidad de las decisiones adoptadas, aportando respaldo técnico y administrativo a cada acción.

#### **3.2.5 Apoyo en la actualización del cronograma.**

Como parte del acompañamiento administrativo, se apoyó la actualización periódica del cronograma, incorporando el avance porcentual de las actividades ejecutadas. Con el archivo Excel diseñado para el seguimiento, fue posible determinar el estado real de la obra e identificar retrasos frente a los plazos presentados por el contratista.

En los casos donde se evidenciaron desfases, se informaba de manera oportuna al contratista, permitiendo analizar alternativas de solución y evitando impactos negativos en la programación general. De esta manera, el cronograma se consolidó como una herramienta dinámica para la gestión y control de los tiempos del proyecto.

### **3.3 Fase 3: Supervisión de calidad de materiales y ensayos de laboratorio**

En el inicio de la práctica empresarial, la supervisión de calidad se concentró en el proyecto de la línea de distribución en Mogotes, que ya estaba en ejecución. Posteriormente, estas actividades se extendieron al proyecto Yariguíes, manteniendo como eje central la verificación de materiales y el control de procesos asociados al acero de refuerzo, la colocación del concreto, la evaluación del material de relleno y el seguimiento de la resistencia de las estructuras mediante ensayos de laboratorio.

#### **3.3.1 Revisión y aprobación de los resultados de los ensayos de cilindros de concreto.**

Para llevar un control detallado de la calidad del concreto, se actualizó y programó un formato en Excel que permitió registrar la fecha de vaciado de cada elemento, el nombre asignado y los resultados de resistencia a 7, 14 y 28 días. El formato fue programado para resaltar automáticamente las celdas correspondientes cuando no se cumplía con la resistencia de diseño establecida, considerando que no todos los elementos requerían la misma resistencia.

Asimismo, se realizó una programación que resaltaba las celdas de aquellas muestras que ya debían contar con resultados reportados a 7, 14 o 28 días, lo cual facilitó identificar retrasos en la entrega de información por parte del contratista. Este control visual permitió comunicar oportunamente a la constructora las muestras pendientes, asegurando la trazabilidad y el seguimiento adecuado de los ensayos.

La revisión y aprobación de los resultados fue fundamental para garantizar que el concreto colocado en obra cumpliera con los parámetros de seguridad, durabilidad y resistencia estipulados en las memorias de cálculo y en la normativa vigente, reduciendo riesgos de fallas prematuras.

### **3.3.2 Control del proceso de curado de cilindros.**

El curado de los cilindros representó un aspecto clave para asegurar la validez de los ensayos de resistencia. Se supervisaron condiciones de humedad, temperatura y manipulación durante el almacenamiento, evitando alteraciones que pudieran modificar los resultados. Gracias a este control, se obtuvieron valores más representativos del comportamiento real del concreto en obra, fortaleciendo la confiabilidad técnica de los resultados.

### **3.3.3 Vaciado del concreto.**

Los procesos de vaciado se ejecutaron en zapatas, pedestales, punta diamante, cimentaciones tipo caisson y muros de contención, tanto en Mogotes como en la subestación Yariguíes. La supervisión abarcó las etapas previas, durante y posteriores al vaciado, garantizando el cumplimiento de los estándares de calidad.

#### **3.3.3.1 Preparación previa al vaciado.**

Antes del vaciado, se verificó que el acero de refuerzo contara con bloques de concretos laterales y en la base (panelas), asegurando el recubrimiento proyectado y evitando el contacto con el suelo. Se comprobó además la correcta instalación de las barras en cuanto a orientación, diámetros y espaciamientos, conforme a los planos estructurales.

El área de vaciado fue inspeccionada para garantizar limpieza y adecuada colocación de la formaleta, validando dimensiones y geometría.

En la línea de distribución eléctrica, se confirmó que el equipo topográfico hubiera realizado la nivelación y orientación de las torres de acuerdo con las coordenadas de diseño. En relación con el concreto, se efectuaron ensayos de asentamiento (slump test) y toma de muestras bajo los parámetros de la NSR-10. Para mezclas preparadas en sitio, se supervisó la dosificación junto con el tutor, asegurando que cumpliera con la resistencia y normativa aplicable.

#### **3.3.3.2 Durante el vaciado.**

Durante el proceso se controló la temperatura del concreto, especialmente en Barrancabermeja, donde las altas condiciones climáticas podían acelerar el fraguado. Se verificó la colocación desde alturas adecuadas para prevenir segregación y se supervisó el vibrado para garantizar compactación y evitar vacíos o fisuras.

#### **3.3.3.3 Posterior al vaciado.**

Una vez retirada la formaleta, se inspeccionaron las superficies en busca de defectos como hormigueros, vacíos o acero expuesto, confirmando la correcta consolidación del material.

#### **3.3.4 Revisión de certificados de calidad**

La revisión de los certificados de calidad fue un proceso clave para asegurar que los materiales empleados cumplieran con las especificaciones técnicas del proyecto. Se verificó que cada documento correspondiera al lote recibido en obra y que contara con la trazabilidad necesaria, validando la autenticidad de los ensayos realizados.

#### **3.3.5 Verificación de certificados de equipos y maquinaria.**

Se revisaron los certificados de calibración de equipos y maquinaria empleados en campo y laboratorio, garantizando precisión en las mediciones de resistencia del concreto, compactación

de suelos y dosificación de materiales. Este control permitió detectar fallas en instrumentos y asegurar confiabilidad en los resultados, convirtiéndose en un pilar de la gestión de calidad.

### **3.3.6 Evaluación del estudio de suelos.**

Finalmente, se analizó el estudio de suelos entregado por la constructora, contrastando los resultados con lo exigido en los diseños y en la normativa aplicable. Esta revisión permitió validar que los materiales de relleno cumplieran con condiciones de compactación, granulometría y resistencia adecuadas, disminuyendo riesgos de asentamientos diferenciales o fallas estructurales. De esta manera, se garantizó que el terreno ofreciera el soporte requerido para resistir las cargas transmitidas por los equipos de la subestación.

## **4. Resultados**

Durante el periodo de práctica en la Electrificadora de Santander (ESSA), se alcanzaron resultados significativos en el fortalecimiento de competencias técnicas y en el apoyo a procesos de supervisión y control de obra civil en el proyecto de la subestación Yariguíes y la línea de distribución en Mogotes. Los resultados se consolidaron en tres fases principales: Revisión y análisis de planos y documentos técnicos, Implementación y uso de herramientas de control y seguimiento, y Supervisión de calidad de materiales y ensayos de laboratorio.

### **4.1 Fase 1: Revisión y análisis de planos y documentos técnicos**

#### **4.1.1 Revisión detallada de planos de la subestación**

La revisión integral de los planos constructivos de la subestación Yariguíes permitió validar que las cantidades presupuestadas correspondieran a las realmente requeridas en obra. El

análisis se realizó sobre los capítulos principales del presupuesto, prestando especial atención a las estructuras de concreto, acero, cimentaciones, cerramiento, redes pluviales y ductos eléctricos.

A partir de este proceso se identificaron ajustes menores equivalentes a cerca del 8 % de los ítems revisados, relacionados con diferencias mínimas en longitudes o volúmenes. Las correcciones se efectuaron antes de la ejecución en campo, evitando contratiempos y garantizando un uso más eficiente de los recursos disponibles.

En conjunto, esta revisión técnica no solo permitió detectar y corregir inconsistencias, sino que también fortaleció el conocimiento integral del proyecto por parte del practicante, aportando a una ejecución más controlada, precisa y coherente con los diseños y presupuestos aprobados. En la **Tabla 1** se presenta la distribución del presupuesto de la Subestación Yariguíes, destacando los capítulos con mayor incidencia en el costo directo de la obra.

**Tabla 1**  
*Resumen del presupuesto de obra general del proyecto Yariguíes*

Ítem	Descripción	Valor Parcial (\$)	% CD
1	Preliminares	5,958,793.69	0.53%
2	Excavaciones	52,385,236.43	4.63%
3	Rellenos	261,833,485.69	23.16%
4	Cimentación	223,187,415.97	19.74%
5	Cerramiento perimetral	58,360,469.71	5.16%
6	Estructuras en concreto	399,594,731.27	35.35%
7	Mampostería	5,926,820.16	0.52%

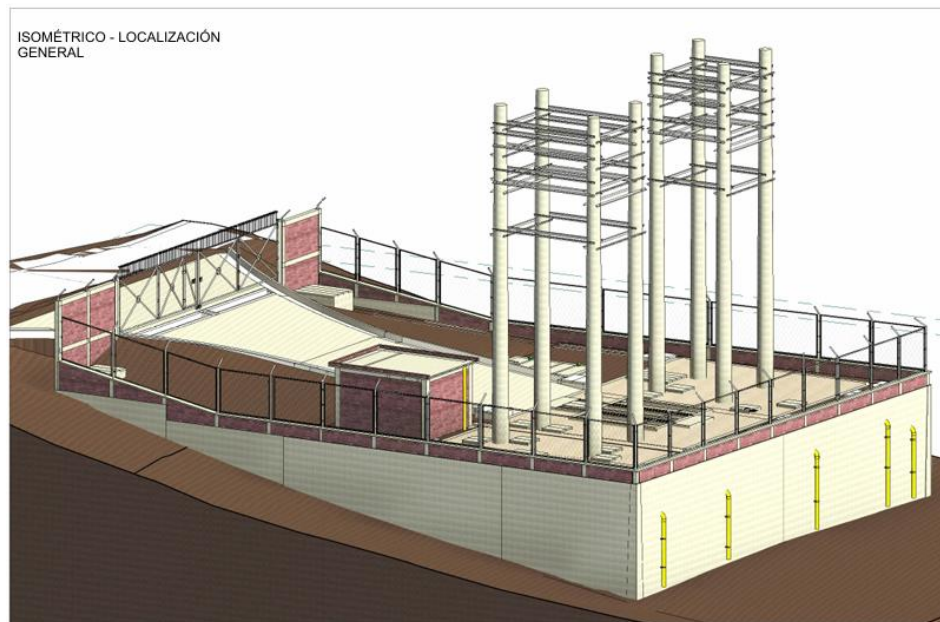
Ítem	Descripción	Valor Parcial (\$)	% CD
8	Carpintería metálica	1,407,024.72	0.12%
9	Red de instalaciones pluviales	54,703,081.24	4.84%
10	Ductos de redes eléctricas	14,243,956.53	1.26%
11	Vía de acceso	49,346,294.18	4.73%
12	Otros	3,482,855.88	0.31%
	<b>Total, costo directo del proyecto</b>	<b>1,130,430,165.47</b>	
	AIU (25%)	282,607,541.37	
	<b>Total, presupuesto de obra (CD+AIU)</b>	<b>1,413,037,706.84</b>	

*Fuente: Adaptado de ESSA, Presupuesto proyecto Yariguíes (2023).*

En la **Figura 1** se presenta la vista isométrica de la subestación Yariguíes, la cual permite visualizar la localización general de los elementos estructurales y su disposición dentro del proyecto. Esta representación gráfica se incluyó para contextualizar al lector sobre la distribución espacial y la relación entre las diferentes áreas de la obra.

**Figura 1**

Vista isométrica de la localización general de la subestación Yariguíes



*Fuente: Adaptado de ESSA, Planos del proyecto ESSA (2023).*

#### 4.1.2 Análisis de especificaciones técnicas y normativas aplicables


Se analizaron las especificaciones técnicas y normativas asociadas al proyecto, entre ellas el Anexo técnico CRW 20238372\_V2 de ESSA, que define lineamientos, responsabilidades del contratista y funciones de la interventoría. Asimismo, se revisaron normas nacionales e internacionales relacionadas con concreto, acero y ensayos de laboratorio. Este conjunto de documentos sirvió como guía práctica para la supervisión, facilitando la validación de materiales, procesos y condiciones de seguridad, y garantizando la alineación con los requisitos contractuales y los estándares vigentes.

En la **Figura 2** se presenta un extracto del Anexo Técnico de ESSA, en el que se especifican las actividades, unidades de medida y lineamientos para la ejecución de los trabajos preliminares.

Este documento establece los criterios que orientan la correcta supervisión y control de las obras civiles.

**Figura 2**

Extracto del anexo técnico CRW 20238372\_V2

	ANEXO TÉCNICO CONSTRUCCIÓN Y MEJORAMIENTO DE OBRAS CIVILES EN SUBESTACIONES ESSA
	SUBGERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS - EQUIPO EXPANSIÓN Y REPOSICIÓN
	<b>Nota.</b> El viaje entregado a la escombrera autorizada por las autoridades ambientales correspondientes. 1 unidad = 1 viaje (aproximadamente 7 metros cúbicos por viaje)
<b>2. PRELIMINARES</b>	
<b>2.5</b>	
<b>RELLENO A MANO CON MATERIAL DE EXCAVACIÓN</b>	
<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	Metro cúbico [m3]
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Este trabajo lo constituye el suministro a todo costo de las herramientas, equipos, materiales, recursos y transporte, para la colocación y compactación donde lo indiquen los planos o lo solicite ESSA requeridos para cimentación de equipos, cimentación de postes, en las zanjas con tubería, zapatas, vigas de amarre, y cualquier elemento que se cimiente por debajo del nivel de piso terminado en patio.
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD Y ESPECIFICACIONES</b>	ESSA validará la ejecución de los ensayos y sus resultados y aprobará o rechazará las capas de relleno evaluadas, según los resultados obtenidos. El CONTRATISTA, bajo su propio costo, tomará las medidas necesarias para reemplazar la capa rechazada con el fin de garantizar finalmente el requisito expuesto. Es deber del CONTRATISTA antes de iniciar las actividades correspondientes a los llenos estructurales el solicitar a ESSA la revisión de las estructuras previamente construidas. Es obligación del CONTRATISTA que el terreno sobre el cual se coloque el lleno estructural esté libre de cualquier materia orgánica. Es deber del CONTRATISTA que los materiales para cada capa de lleno tengan inmediatamente antes y durante la compactación, un contenido de humedad uniforme de acuerdo con las instrucciones de ESSA. El máximo contenido de humedad de los materiales para llenos será determinado por ESSA, con anterioridad al comienzo de la operación, pero en ningún caso se permitirá utilizar materiales cuyo contenido de humedad exceda el valor óptimo correspondiente al ensayo Proctor Modificado en más del 5%.

*Fuente: Adaptado de ESSA, Anexo técnico CRW 20238372\_V2.*

En la **Tabla 2** se relacionan las normas y reglamentos aplicables al proyecto.

**Tabla 2***Normas técnicas y reglamentos aplicados en el proyecto*

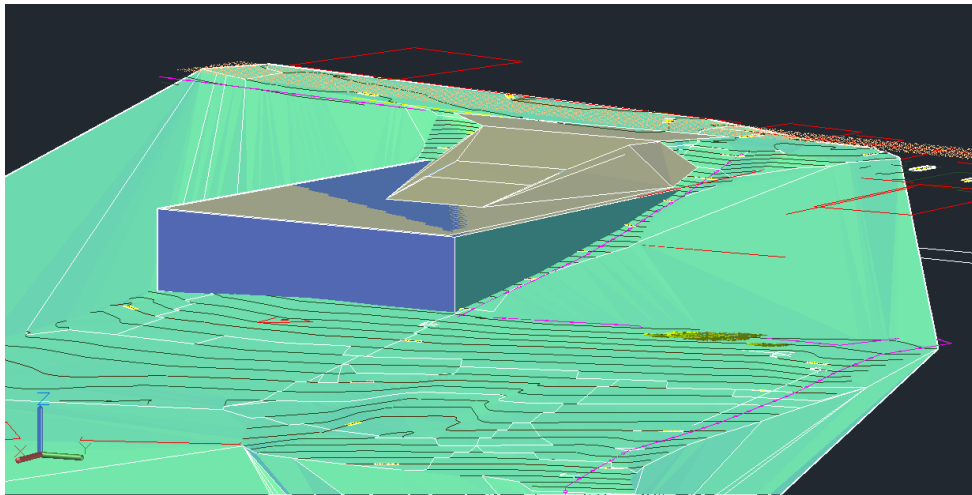
<b>Norma / Reglamento</b>	<b>Descripción</b>
<b>NTC 2050</b>	Regula las instalaciones eléctricas en Colombia, estableciendo requisitos para garantizar la seguridad y el buen funcionamiento de los sistemas eléctricos.
<b>RETIE</b>	Define las disposiciones técnicas y legales para el diseño, construcción y operación de instalaciones eléctricas en Colombia, con el fin de proteger la vida, la salud y la integridad de las personas, así como preservar el medio ambiente.
<b>NTC 3658</b>	Norma que establece los procedimientos para la obtención, preparación y ensayo de núcleos extraídos de concreto para determinar resistencia a compresión, tracción indirecta, así como de vigas aserradas de concreto para ensayos de flexión.
<b>Especificación INVIAS Artículo 220</b>	Documento que establece los requisitos para la construcción de terraplenes, definiendo la extensión y compactación de materiales en capas para conformar una plataforma estable.
<b>NSR-10</b>	Norma que establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de edificaciones seguras ante eventos sísmicos en Colombia.
<b>NTC 2289</b>	Norma que regula la determinación de la resistencia a la compresión en cilindros de concreto, definiendo métodos de ensayo y condiciones de carga.
<b>NTC 673</b>	Norma que establece los requisitos para cementos hidráulicos, incluyendo clasificación, especificaciones químicas y físicas, y métodos de ensayo.

#### **4.1.3 Validación de cantidades de obra mediante software especializado**

Para asegurar la exactitud de los cálculos de obra, se empleó el software Autodesk Civil 3D, con el cual se verificaron los volúmenes de relleno requeridos en la conformación de la plataforma de la subestación. Los resultados obtenidos fueron contrastados con las mediciones y registros de compactación en campo, logrando así una validación precisa de los materiales. Este procedimiento fortaleció tanto el control técnico como el económico, optimizando el uso de recursos en la ejecución. En la **Figura 3** se muestra el modelo 3D elaborado en Civil 3D, donde

se representan la plataforma de la subestación y los volúmenes de relleno calculados para la adecuación del terreno.

**Figura 3**  
*Modelo 3D de la plataforma y volúmenes de relleno en Civil 3D*

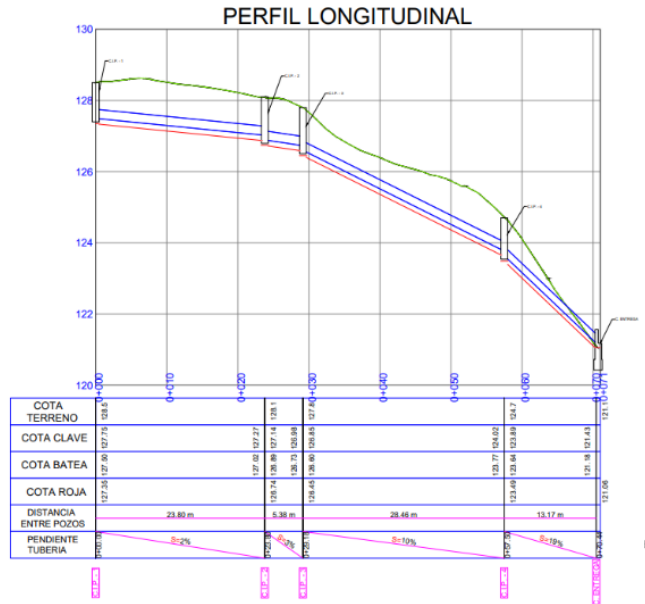


*Fuente: Elaboración propia (2025).*

#### **4.1.4 Diseño de desagüe pluvial en conjunto con el tutor**

Durante la revisión de planos se detectó la ausencia de un sistema de drenaje pluvial que asegurara la correcta evacuación de aguas lluvias, las cuales tendían a dirigirse hacia un predio vecino. Frente a esta situación, y en coordinación con el tutor académico, se elaboró una propuesta de diseño utilizando Civil 3D. La solución incluyó la definición del trazado, la elaboración de planos y la verificación de su cumplimiento normativo. Este aporte no solo buscó proteger las obras civiles, sino también prevenir afectaciones a predios aledaños y mejorar el manejo integral de las aguas superficiales en el área intervenida como se observa en las **Figuras 4, 5, 6 y 7**.

**Figura 4**  
Perfil longitudinal del sistema de drenaje



Fuente: Elaboración propia (2025).

**Figura 5**  
Trazado en planta del drenaje con tuberías, cajas de inspección y pendientes



Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 6  
Validación de cálculos hidráulicos y pendientes mediante hoja de cálculo en Excel

	Cota Terreno	Cota Batea
P1	128.5	127.5
P2	128.1	127.1
P3	127.8	126.8
P4	124.7	123.7
P5	121.14	121.14

Profundidad de tuber	
	1

	[L/s]	[m3/s]
Q diseño	25.15	0.02515

	P Inicial	P Final	Long 3D	m (Terreno)
Tramo P1-P2	127.5	127.1	23.80	1.68%
Tramo P2-P3	127.1	126.8	5.38	5.58%
Tramo P3-P4	126.8	123.7	28.46	10.89%
Tramo P4-P5	123.7	121.14	13.16	19.45%

Corrección de pendientes				
	P Inicial	Distancia	m Corregida	P Final
Tramo P1-P2	127.50	23.8	2%	127.024
Tramo P2-P3	126.894	5.38	3%	126.733
Tramo P3-P4	126.603	28.322	10%	123.770
Tramo P4-P5	123.640	12.94	19%	121.182

Cota Profundidad	
Caja 1	1.00
Caja 2	1.18
Caja 3	1.17
Caja 4	1.03
Entrega	-0.04

V min [m/s]	0.5
V max [m/s]	5
T [N/m2] >=	2


---

**Tramo P1-P2**

Q diseño	
Q diseño	0.0252
D	0.254
S	2.0%
n	0.009

Tubo Item	
Q <sub>1</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.1269
A <sub>1</sub> [m <sup>2</sup> ]	0.0507
V <sub>1</sub> [m/s]	2.5036
R <sub>1</sub> [m]	0.0625

Relaciones Hidráulicas	
Q/Q <sub>1</sub>	0.20
V/V <sub>1</sub>	0.656
d/D	0.348
R/R <sub>1</sub>	0.769
H/D	0.251

Tubo Q diseño	
V [m/s]	1.642
d [m]	0.087884
R [m]	0.048765
H [m]	0.083754

ESFUERZO CORTANTE [t]	
	9.57

NÚMERO DE FROUDE	
	1.76963382


---

**Tramo P2-P3**

Q diseño	
Q diseño	0.025
S	3%
n	0.009

Tubo Item	
Q <sub>1</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.1554
A <sub>1</sub> [m <sup>2</sup> ]	0.0507
V <sub>1</sub> [m/s]	3.0622
R <sub>1</sub> [m]	0.0656

Relaciones Hidráulicas	
Q/Q <sub>1</sub>	0.16
V/V <sub>1</sub>	0.813
d/D	0.328
R/R <sub>1</sub>	0.704
H/D	0.221

Tubo Q diseño	
V [m/s]	1.880
d [m]	0.078222
R [m]	0.046204
H [m]	0.066134

ESFUERZO CORTANTE [t]	
	13.38

NÚMERO DE FROUDE	
	2.146646479


---

**Tramo P3-P4**

Q diseño	
Q diseño	0.025
D	0.254
S	10%
n	0.009

Tubo Item	
Q <sub>1</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.2837
A <sub>1</sub> [m <sup>2</sup> ]	0.0507
V <sub>1</sub> [m/s]	5.5982
R <sub>1</sub> [m]	0.0625

Relaciones Hidráulicas	
Q/Q <sub>1</sub>	0.09
V/V <sub>1</sub>	0.52
d/D	0.232
R/R <sub>1</sub>	0.554
H/D	0.181

Tubo Q diseño	
V [m/s]	2.911
d [m]	0.058929
R [m]	0.035179
H [m]	0.040854

ESFUERZO CORTANTE [t]	
	34.51

NÚMERO DE FROUDE	
	3.83064668


---

**Tramo P4-P5**

Q diseño	
Q diseño	0.025
D	0.254
S	19%
n	0.009

Tubo Item	
Q <sub>1</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.3910
A <sub>1</sub> [m <sup>2</sup> ]	0.0507
V <sub>1</sub> [m/s]	7.7165
R <sub>1</sub> [m]	0.0635

Relaciones Hidráulicas	
Q/Q <sub>1</sub>	0.06
V/V <sub>1</sub>	0.473
d/D	0.196
R/R <sub>1</sub>	0.481
H/D	0.120

Tubo Q diseño	
V [m/s]	3.650
d [m]	0.049784
R [m]	0.0305433
H [m]	0.032512

ESFUERZO CORTANTE [t]	
	56.93

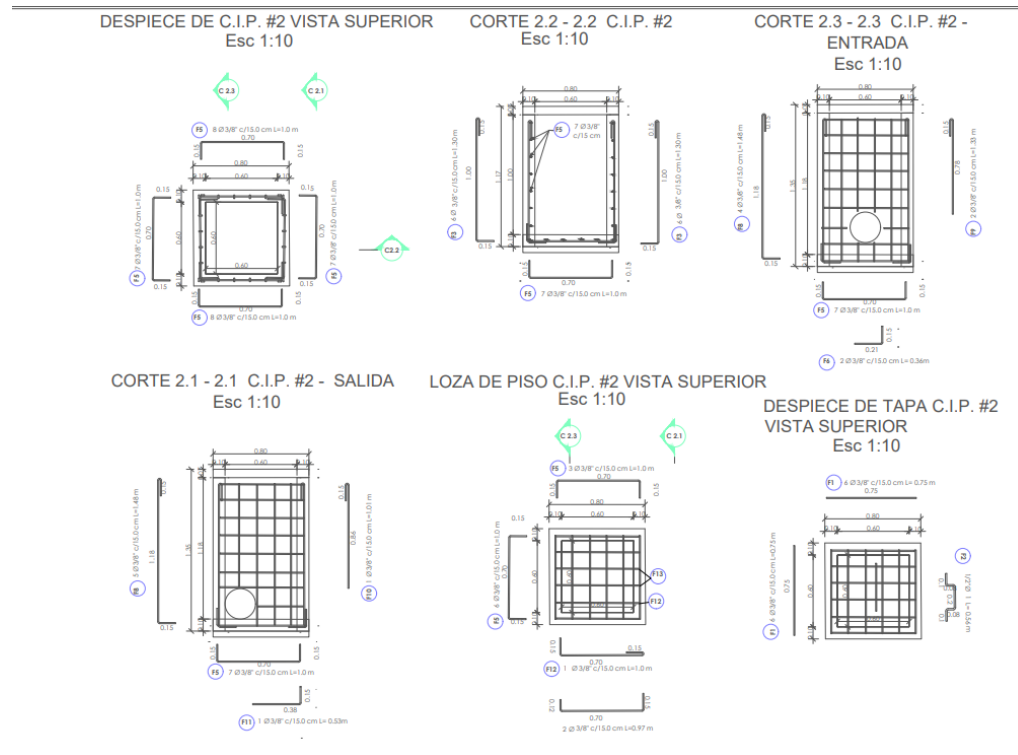
  

NÚMERO DE FROUDE	
	5.225401959

Fuente: Elaboración propia en conjunto con el tutor de práctica (2025).

**Figura 7**

Detalle constructivo de las cajas de conexión del drenaje pluvial.



*Fuente: Elaboración propia en conjunto con el tutor de práctica (2025).*

## 4.2 Fase 2: Implementación y uso de herramientas de control y seguimiento

En esta fase se desarrollaron actividades orientadas al control administrativo y documental del proyecto, las cuales resultaron fundamentales para garantizar la trazabilidad de la información, la organización de los registros y el seguimiento del avance de obra. Se trabajó en la creación de formatos en Excel para el reporte de cantidades y ensayos de concreto, la elaboración y consolidación de actas, así como la actualización del cronograma de actividades. Estas herramientas permitieron llevar un control sistemático, mejorar la comunicación entre los responsables del proyecto y facilitar la toma de decisiones oportunas en la supervisión técnica y administrativa de la construcción.

4.2.1 Creación y aplicación del archivo Excel para control de cantidades de obra

Con el fin de llevar un control detallado de las cantidades ejecutadas en obra, se diseñó y programó un archivo en Excel que permitiera registrar semanalmente las cantidades de las actividades reportadas por la constructora. Este formato se estructuró para calcular de manera automática los valores acumulados por semana, mes, total ejecutado y el valor pagado y en qué actas, facilitando el seguimiento al avance físico y financiero de la obra. En la **Figura 8** se presenta el archivo en Excel diseñado por el practicante, utilizado como herramienta de consolidación de la información y de apoyo al control del proyecto.

**Figura 8**  
 Archivo en Excel elaborado por el practicante para control de cantidades semanales de obra

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	VAL UNITARIO	VAL. PARCIAL	Seguimiento 08 NOV		Seguimiento 13 NOV		Seguimiento 20 NOV		Seguimiento 27 NOV		MES NOV	TOTAL EJECUTADO	PEND. EJECUTAR		ACTA 9	ACTA 10	ACTA 12	TOTAL PAGADO \$	PEND. COBRAR	%	
						CANT.	VL. PARCIAL	PAGADO	CANT.	VL. PARCIAL	PAGADO	CANT.	VL. PARCIAL			PAGADO	CANT.							VL. PARCIAL
2	PRELIMINARES																							
2.1	Instalación y transporte	m2	76200	\$ 3,037.00	\$ 2,316,156.00	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	76200	76200	0	0	0	\$ 2,316,156.00	\$ -	100%	
2.1.1	Instalación y transporte de maquinaria pesada (grúas, excavadoras, etc.)	m2	10454	\$ 55,436.00	\$ 579,527.94	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	10454	10454	0	0	0	\$ 579,527.94	\$ -	100%	
2.3	Excavación de terreno	m3	39528	\$ 43,000.00	\$ 1,707,816.00	36,000	\$ 1,548,000.00	0	\$ -	3,000	\$ 129,000.00	0	\$ -	36,000	\$ 1,548,000.00	36,000	36,000	0	0	0	\$ 1,548,000.00	\$ -	100%	
2.3.1	Excavación de terreno ordinario	m3	39528	\$ 43,000.00	\$ 1,707,816.00	36,000	\$ 1,548,000.00	0	\$ -	3,000	\$ 129,000.00	0	\$ -	36,000	\$ 1,548,000.00	36,000	36,000	0	0	0	\$ 1,548,000.00	\$ -	100%	
2.3.2	Excavación de terreno especial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.3	Excavación de terreno muy especial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.4	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.5	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.6	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.7	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.8	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.9	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.10	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.11	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.12	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.13	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.14	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.15	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.16	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.17	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.18	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.19	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.20	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.21	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.22	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.23	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.24	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.25	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.26	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.27	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.28	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.29	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.30	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.31	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.32	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.33	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.34	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.35	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.36	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.37	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.38	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.39	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.40	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.41	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.42	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.43	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.44	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.45	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.46	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.47	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.48	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.49	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.50	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.51	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.52	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.53	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.54	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.55	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.56	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	0	0	0	0	\$ -	\$ -	0%	
2.3.57	Excavación de terreno superespecial	m3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	0																



Figura 10

Archivo en Excel elaborado por el practicante como soporte de la Acta No. 10 en Excel

Concreto ciclópedo				
MURO 1	1.55	0.85	5.71	7.52
MURO 2	1.55	0.85	5.32	7.01
MURO 3	1.75	0.9	5.6	8.82
MURO 4	1.8	0.85	5.6	8.57
MURO 5.1	1.8	0.25	2.47	0.83
MURO 6.1	1.8	0.25	2.22	0.72
				33.47

Concreto				
Zarpa 1	1.55	0.3	5.71	2.86
Zarpa 2	1.55	0.3	5.32	2.47
Zarpa 3	1.75	0.3	5.6	2.94
Zarpa 4	1.8	0.25	5.6	2.52
Vastago 1	0.25	1.65	5.71	2.36
Vastago 2	0.25	1.75	5.32	2.33
Vastago 3	0.25	2.35	5.6	3.29
Vastago 4	0.25	2.25	5.6	3.15
Zarpa 7.1	1.8	0.55	10.97	32.57

Solado			
MURO 1	1.55	5.71	0.00
MURO 2	1.55	5.32	0.00
MURO 3	1.75	5.6	0.00
MURO 4	1.8	5.6	0.00
MURO 5.1	1.8	2.47	0.00
MURO 5.2	1.8	4	7.20
MURO 5.3	1.8	4	7.20
MURO 5.4	1.8	4	7.20
MURO 5.5	1.8	1.1	1.98
MURO 6.1	1.8	2.22	0.00
MURO 6.2	1.8	4	7.20
MURO 6.3	1.8	4	7.20
MURO 6.4	1.8	4	7.20
MURO 7.1	1.8	10.97	19.75
			64.93

ACERO M1 M2 M3 M4 M5 M7							
	Elemento	#	Long	Ø	Kg/m	ml	Kg
Muro 1	M1	56	2.2	1/2	0.984	123.2	122.46
	M2	16	5.85	3/8	0.560	93.6	52.42
	M3	58	1.8	1/2	0.984	104.4	103.77
	M4	14	5.85	3/8	0.560	81.9	45.80
Muro 2	M5	16	5.45	3/8	0.560	87.2	48.83
	M6	54	2.3	1/2	0.984	124.2	123.45
	M7	14	5.45	3/8	0.560	78.3	42.71
	M8	54	1.8	1/2	0.984	97.2	96.62
Muro 3	M1	28	2.9	1/2	0.984	81.2	80.71
	M1.1	28	3	5/8	1.552	84	130.37
	M2	20	5.75	3/8	0.560	115	64.80
	M3	64	2	1/2	0.984	128	127.23
Muro 4	M4	14	5.75	3/8	0.560	80.5	45.88
	M5	28	2.75	1/2	0.984	77	76.54
	M5.1	28	2.85	5/8	1.552	78.8	123.85
	M6	18	5.75	3/8	0.560	103.5	57.86
Muro 7.1	M7	64	2.05	1/2	0.984	133.2	130.41
	M8	14	5.75	3/8	0.560	80.5	45.88
	M9	50	6	3/4	2.235	300	670.50
	M2	21	6	1/2	0.984	126	125.24
Muro 7.2	M3	21	6	1/2	0.984	126	125.24
	M4	50	6	3/4	2.235	300	670.50
	M5	49	3	3/4	2.235	147	528.55
	M6	21	6	1/2	0.984	126	125.24
Muro 7.2	M7	24	4.3	3/4	2.235	103.2	230.64
	M8	24	3	3/4	2.235	72	160.92
	M10	24	6	3/4	2.235	144	321.84
	M11	45	4.25	3/8	0.560	191.25	107.10
	M1	50	6	3/4	2.235	300	670.50
	M2	21	6	1/2	0.984	126	125.24
	M3	21	6	1/2	0.984	126	125.24
							1489.85

Excavacion					
MURO 1	1.55	5.71	2.7	1.45	18.36
MURO 2	1.55	5.32	2.9	1.5	18.14
MURO 3	1.75	5.6	2.75	1.4	20.34
MURO 4	1.8	5.6	2.45	1.75	21.17
MURO 5.1	1.8	2.47	0.9	0.4	2.89
MURO 5.2	1.8	4	0.95	0.36	4.72
MURO 5.3	1.8	4	0.96	0.4	4.90
MURO 5.4	1.8	4	0.96	0.3	4.54
MURO 5.5	1.8	1.1	1.1	0.75	1.83
MURO 6.1	1.8	2.22	1	0.35	2.70
MURO 6.2	1.8	4	1	0.4	5.04
MURO 6.3	1.8	4	1	0.4	5.04
MURO 6.4	1.8	4	1	0.75	6.30
MURO 6.5	1.8	1.1	1.35	1	2.33
MURO 7.1	1.8	10.97	1.35	1.35	26.66
MURO 7.2	1.8	10.97	1.35	1.35	26.66
DESCOLE	0.9	8	0.6	0.6	4.32
					175.92

Limpieza yescombros			
Descapote			
1-2	32.00		
2-3	23.28		
4-3	33.55		
1-4	21.00		
ÁREA	723.21	0.3	216.96
Volumen	7	30.99	34.00

Fuente: Elaboración propia (2025).

### 4.2.3 Control y seguimiento de muestras de concreto


Se diseñó un archivo en Excel destinado al control de las muestras de concreto tomadas en obra.

En este se registraban la fecha de vaciado, el elemento correspondiente, así como los resultados de resistencia a 7, 14 y 28 días. El formato fue programado para resaltar automáticamente aquellas

muestras que no cumplieran con la resistencia y las que ya debían contar con resultados reportados, facilitando la gestión y garantizando el cumplimiento de los plazos establecidos. En las **Figuras 11 y 12** se presentan los archivos en Excel diseñados y actualizados por el practicante para el control y verificación de la calidad del concreto.

**Figura 11**


Archivo en Excel elaborado por el practicante para el control de resistencia de cilindros de concreto del proyecto Yariguíes

 <b>PROYECTO YARIGUIES</b> MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA - SANTANDER						
SEGUIMIENTO RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETOS						
FECHA DE VACIADO	Nº DE MUESTRA	ELEMENTO	RESISTENCIA A (MPA)	RESISTENCIA A 7 DIAS [PSI]	RESISTENCIA A 14 DIAS [PSI]	RESISTENCIA A 28 DIAS [PSI]
17/10/2024	136-137-138	C1710	28	2886.6	3295.9	4021.6
17/10/2024	139-140-141	C1710	28	2827.9	3109.2	4007.4
18/10/2024	142-143-144	C1810	28	2842.4	3166.6	4017.1
19/10/2024	145-146-147	C1910	28	2913.9	3335.9	4018
19/10/2024	148-149-150	C1910	28	2864.3	3181.2	4009.8
21/10/2024	151-152	C2110	28	2670.2		4032.5
21/10/2024	153-154	C2110	28	2818.2	3094.7	4005.8
22/10/2024	156-157-147	C2210	28	2790.2	3230.4	4005.2
22/10/2024	159-160-150	C2210	28	2850.5	3114.1	4009
12/11/2024	2 - 192,1 - 192,2 - 19	Zarpa [M1 M2 M3 M4]	28		3186.8	4019.5
15/11/2024	4 - 194,1 - 194,2 - 19	Muro [M1 M2]	28		3163.4	4026.8
22/11/2024	5 - 196,1 - 196,2 - 19	Muro [M3 M4] Zarpa M7.1	28	3191.7	3369.5	4068
5/12/2024	199 - 200 - 200.1 - 201 - 201,1	Zarpa [M7.2 M5.5]	28	3175.5	3334	4055.1
6/12/2024	202 - 203 - 203.1 - 204 - 204.1	Muro [7.1] Zarpa [M6.1]	28	3185.2	3316.2	4042.9
12/12/2024	205 - 206 - 207	Muro [7.2] Zarpa [M6.2 M6.3 M6.4]	28	3116.5	3288.7	4039.7
14/12/2024	208 - 209 - 210	Zarpa [M5.3 M5.4]	28	3109.2	3252.3	4009
17/12/2024	211 - 212 - 213	Muro [ M6.1 M6.3 M6.5 M5.4] Zarpa [M5.1 M5.2]	28	2966.1	3241	4014.6
21/12/2024	214 - 215 - 216 - 217	Muro [ M6.2 M6.4 M5.5 M5.2]	28	3111.6	3267.7	4008.2
26/12/2024	218 - 219 - 220	Muro [ M5.1 M5.3]	28	3113.3	3286.3	4042.9
30/01/2025	222 - 222,1 - 222,2	Muro [7.1] (2.40 -5.05 m)	28	3165.8	3341.2	4030.8
4/02/2025	223 - 222,1	Muro [7.2] (2.40 -5.05 m)	28	3178.7	3326.7	4026

Fuente: Elaboración propia (2025).

**Figura 12**

Archivo en Excel actualizado por el practicante para el control de resistencia de cilindros de concreto del proyecto línea Mogotes

 <b>PROYECTO LÍNEA MOGOTES</b> <b>MUNICIPIO DE MOGOTES - SANTANDER</b>						
SEGUIMIENTO RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETOS						
FECHA DE VACIADO	NÚMERO DE LA	ELEMENTO	RESISTENCIA	RESISTENCIA A 7 DIAS [PSI]	RESISTENCIA A 14 DIAS [PSI]	RESISTENCIA A 28 DIAS [PSI]
22-sep-24	22	Pedestal P-38,2-34,5kv	21	2130.647	2912.47	3284.615
25-sep-24	23	Pedestal P-12-34,5kv	21	2186.549	2774.314	3207.95
26-sep-24	24	Pedestal P-12,1-34,5kv	21	2065.961	2891.707	3302.184
28-sep-24	25	Pedestal P-21,1-34,5kv	21	2120.266	2727.995	3084.168
2-oct-24	26	Pedestal P-15-34,5kv	21	2164.987	2783.098	3077.779
8-oct-24	27	Pedestal P-17,1-34,5kv	21	2190.542	2785.494	3196.77
10-oct-24	28	Pedestal P-21-34,5kv	21	2218.493	2836.604	3245.484
17-oct-24	29	Pedestal P-24-34,5kv	21	2253.631	2884.519	3366.87
18-oct-24	30	Pedestal P-23,1-34,5kv	21	2171.376	2858.166	3349.301
19-oct-24	31	Pedestal P-23-34,5kv	21	2214.5	2793.48	3174.409
24-oct-24	32	Pedestal P-24.1-34,5kv	21	2164.987	2783.098	3030.622
25-oct-24	33	Pedestal P-13-34,5kv	21	2129.849	2737.578	3012.294
29-oct-24	34	Pedestal P-11-34,5kv Torre 1	21	2125.057	2712.822	3368.467
30-oct-24	38	Pedestal P-11-34,5kv Torre 2	21	2176.167	2785.494	3253.47
1-nov-24	35	Pedestal P-10-34,5kv	21	2207.312	2800.667	3434.75
7-nov-24	36	Pedestal P-19-34,5kv	21	2170.577	2713.62	3343.711
12-nov-24	37	Pedestal P-20-34,5kv	21	2180.959	2735.183	3272.636
25-nov-24	41	Pedestal P-25-34,5kv Torre 1	21	2124.259	2796.674	3271.039
27-nov-24	39	Pedestal P-25-34,5kv Torre 2	21	2219.291	2705.635	3184.791
30-nov-24	40	Pedestal P-24.2-34,5kv	21	2208.111	2765.529	3236.699
17-dic-24	42	Pedestal P-18-34,5kv	21	2147.418	2712.023	3213.54

#### 4.2.4 Elaboración y seguimiento de actas de comités de obra

Durante las reuniones periódicas de comité de obra, se elaboraron actas en conjunto con el tutor, donde se consignaban los temas tratados, compromisos adquiridos y responsables de cada actividad. Estas actas se complementaban con registro fotográfico y evidencias de avances, consolidando así un historial que permitía hacer seguimiento a los acuerdos y evaluar el cumplimiento de los compromisos en los plazos establecidos.

#### **4.2.5 Actualización y control del cronograma de obra**

Se participó activamente en la actualización y seguimiento del cronograma general de obra en Microsoft Project, en coordinación con el tutor. Para este proceso, se obtenían los porcentajes de avance registrados en el archivo Excel de control de obra, los cuales permitían reflejar con precisión el progreso real frente a lo programado. Al ingresar esta información en el cronograma, se identificaban las actividades adelantadas, en curso o con retrasos, lo que facilitaba proponer ajustes y comunicar oportunamente al contratista las desviaciones detectadas. De esta manera, se contribuía a mantener el control del cumplimiento del cronograma y a evitar mayores demoras en la ejecución del proyecto.

#### **4.3 Fase 3: Supervisión de calidad de materiales y ensayos de laboratorio**

En esta fase se llevaron a cabo actividades de verificación y control directamente en obra, con el objetivo de asegurar que los procesos constructivos cumplieran con las especificaciones técnicas y la normatividad vigente. El acompañamiento incluyó la revisión de materiales, la supervisión de ensayos y pruebas de laboratorio, así como la documentación de cada procedimiento, garantizando la trazabilidad y la confiabilidad de las decisiones tomadas en campo.

##### **4.3.1 Verificación de materiales y recepción en obra**

Se realizó la inspección de los materiales empleados en la construcción, verificando que contaran con certificados de calidad y cumplieran los requisitos de diseño. Entre estas actividades se incluyó la comprobación de los aceros de refuerzo, la validación de la granulometría de los materiales de relleno y la revisión de la concordancia de los insumos con las especificaciones técnicas. Este proceso previo a la instalación en obra permitió asegurar resistencia, durabilidad y

confiabilidad en los elementos estructurales, cómo se observa en las **Figuras 13, 14 y 15**, que documentan la recepción y verificación de materiales en campo.



**Figura 13**  
Remisión de acero



Fuente: Elaboración propia (2024).

**Figura 14**  
Certificado de ensayo de acero

**INFORME DE ENSAYOS**

Razón Social: Ternium Colombia S.A.S.      Página Web: [www.ternum.com.co](http://www.ternum.com.co)  
 NIT: 890932389-8  
 Teléfono: 01 8000 423 724  
 Dirección: Km 2 Vía Termales la Enea, Manizales


---

**INFORMACION GENERAL**

Cliente:	G Y J FERRETERIAS SA GIRON	Fecha Impresión:	24/05/26	Informe N°:	6206
Dirección:	KMS MAS 500 MT VIA GIRON FLORIDABLA	No. Remisión:	187010574	Informe Ant N°:	
Teléfono:	6712000	Página:	3 de 8		

---

DATOS GENERALES				PROPIEDADES FISICAS									
MATERIAL	DESCRIPCION	COLADAM.OTE	NORMA/PRODUCTO	FABRICANTE	Resistencia Fluencia	Resistencia Tracción	Alergamiento	Dobblado	Relación RT/RF	Área Nominal	Carga Fluencia	Carga Tracción	
					PSI	PSI	%			mm2	N	N	
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273716	NTC 2289 GR60	Ternium	6656	86769	16	Sin_Crieta	1.34	284	129545	173819
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273706	NTC 2289 GR60	Ternium	6656	86769	16	Sin_Crieta	1.34	284	129545	173819
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273707	NTC 2289 GR60	Ternium	6656	86769	16	Sin_Crieta	1.34	284	129545	173819
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273708	NTC 2289 GR60	Ternium	6656	86769	16	Sin_Crieta	1.34	284	129545	173819
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273709	NTC 2289 GR60	Ternium	6656	86769	16	Sin_Crieta	1.34	284	129545	173819
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273710	NTC 2289 GR60	Ternium	6656	86769	16	Sin_Crieta	1.34	284	129545	173819
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273711	NTC 2289 GR60	Ternium	6656	86769	16	Sin_Crieta	1.34	284	129545	173819
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273712	NTC 2289 GR60	Ternium	6656	86769	16	Sin_Crieta	1.34	284	129545	173819
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273713	NTC 2289 GR60	Ternium	6656	86769	16	Sin_Crieta	1.34	284	129545	173819
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273714	NTC 2289 GR60	Ternium	6656	86769	16	Sin_Crieta	1.34	284	129545	173819
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273715	NTC 2289 GR60	Ternium	6656	86769	16	Sin_Crieta	1.34	284	129545	173819
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273717	NTC 2289 GR60	Ternium	6656	86769	16	Sin_Crieta	1.34	284	129545	173819
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273704	NTC 2289 GR60	Ternium	67055	89581	19	Sin_Crieta	1.34	284	131301	175409
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273705	NTC 2289 GR60	Ternium	67055	89581	19	Sin_Crieta	1.34	284	131301	175409
C9001220	BARRA COR 3/4" (9a.6)	12m NTC2289/G66	A011273706	NTC 2289 GR60	Ternium	67055	89581	19	Sin_Crieta	1.34	284	131301	175409

  
 Autoriza:  
 Elyv Dayan Jerez Salazar  
 Laboratory Manager

Los datos del presente informe de ensayos, han sido revisados por el área de Verificaciones y Laboratorio.  
 La conformidad de los resultados de ensayo está basada en inspección simple.  
 Los resultados reportados en este informe de ensayos se relacionan únicamente a los materiales ensayados, aquí descritos.  
 No se debe reproducir información parcial del informe de ensayos, excepto, si se hace en su totalidad con la aprobación escrita del laboratorio emisor.  
 Los valores/variables señalados con asterisco (\*) no se encuentran dentro del alcance de la acreditación.

Fuente: Adaptado de ESSA

Figura 15  
Informe ensayo de granulometría en material de relleno, proyecto Yariguíes.

	<b>CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.</b> NIT. 804,015,242-8	FECHA: 18/03/2021 CÓDIGO: PP06-30-31-32-33-R2 REVISIÓN: 4		
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA - LÍMITES DE ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD Normas INV E-122, 123, 125, 126 / 2013 - NTC 77 - ASTM D421-98 y D422-83 - AASHTO T88				
PROYECTO:	PILOTAJE CAMPO 23	CLIENTE: VESGA MORENO INGENIEROS		
MUESTRA:	3 RELLENO	FECHA: OCTUBRE DE 2024 LABORATORISTA: DIEGO OCHOA		
		CÓDIGO: 369		
CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122				
MUESTRA:	3			
TARA No.:	154			
W. TARA + S.H.	99,00			
W. TARA + S.S.	86,80			
W. TARA	8,30			
PESO AGUA	12,20			
PESO SUELO SECO	78,50			
HUMEDAD NATURAL [%]	15,54			
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123				
No.	TAMIZ [mm]	Retenido [g]	Retenido [%]	[% Pasa]
3"	75,10	0,00	0,00%	100,00%
2 1/2"	64,00	0,00	0,00%	100,00%
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1 1/2"	38,10	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
3/4"	19,00	21,60	1,92%	98,08%
1/2"	12,70	53,60	4,75%	93,33%
3/8"	9,51	9,50	0,84%	92,49%
1/4"	6,35	0,00	0,00%	92,49%
4	4,76	86,00	7,63%	84,86%
10	2,00	60,60	5,38%	79,48%
12	1,68	0,00	0,00%	79,48%
16	1,19	0,00	0,00%	79,48%
30	0,59	0,00	0,00%	79,48%
40	0,42	415,80	36,88%	42,60%
50	0,30	0,00	0,00%	42,60%
60	0,18	0,00	0,00%	42,60%
100	0,15	99,10	8,79%	33,81%
200	0,07	25,50	2,26%	31,55%
Pasa 200		355,7	31,55%	0,00%
Total		1127,40		



Calle 29 # 9 - 68 Lagos I Floridablanca - Santander  
Tels: 6382809 - 6848430 Cel: 3124503836 - 3162254472



Fuente: Adaptado de ESSA

**4.3.2 Supervisión de ensayos de laboratorio y pruebas de resistencia**

Se hizo seguimiento a los ensayos de resistencia de cilindros de concreto en edades de 7, 14 y 28 días, verificando que los resultados correspondieran a lo estipulado en los diseños estructurales. También se supervisaron las condiciones de curado de las probetas y el cumplimiento en la toma de muestras durante los vaciados. Estos controles garantizaron la calidad del concreto y redujeron el riesgo de fallas estructurales. Cabe mencionar que en el ítem 4.2.3 se presentan los archivos en Excel donde se llevó el control de la calidad de los cilindros, los cuales fueron actualizados periódicamente con los resultados de los ensayos de laboratorio. Dichos archivos pueden verse en las Figuras 11 y 12.

Las Figuras 16, 17 y 18 muestran los informes de los ensayos realizados por los laboratorios.

**Figura 16**  
Informe de ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto, línea Mogotes

PEÑA DE SANTANDER S.A.S		INFORME DE ENSAYOS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO																
NORMA INV E 410:2022						PDS.CLD.024-36												
CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES LINEAS 34 5 -13 B MOGOTES, SANTANDER																		
Proyecto: CIMENTACION						CLIENTE: EN OBRA INGENIEROS S.A.S												
Obras: Tramo:																		
CILINDRO N°	LOCALIZACION	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	EDAD DE FALLO	LONGITUD PROMEDIO	DIAMETRO PROMEDIO	TIPO DE CONCRETO		AREA SECCION TRANSV.		CARGA MAXIMA		RESISTENCIA A LA COMPRESION		RESISTENCIA (%)	ASENTAMIENTO (mm)	TIPO DE FALLA	Y C°
		AÑO-MES-DIA	AÑO-MES-DIA	dias	mm	mm	N	A	cm²	kgf	KN	kgf/cm²	kgf/cm²	MPa				
M34	Pedestal P-11-34.5 kv Torre 1	2024-10-29	2024-11-05	7	300	150	X		182,41	27134	266,1	210	149	14,6	2125,057	70,8	C	
		2024-10-29	2024-11-12	14	300	150	X		182,41	24639	339,7	210	190	18,6	2712,822	90,4	E	
		2024-10-29	2024-11-26	28	300	150	X		182,41	43011	421,8	210	236	23,1	3368,467	112,3	C	
M35	Pedestal P-10-34.5 kv Torre 1	2024-11-01	2024-11-08	7	300	150	X		182,41	28185	276,4	210	159	15,2	2207,312	73,6	E	
		2024-11-01	2024-11-15	14	300	150	X		182,41	32761	350,7	210	196	19,2	2800,467	93,4	C	
		2024-11-01	2024-11-29	28	300	150	X		182,41	43857	430,1	210	240	23,6	3434,750	114,5	C	
M36	Pedestal P-19-34.5 kv Torre 1	2024-11-07	2024-11-14	7	300	150	X		182,41	27715	271,8	210	152	14,9	2170,577	72,4	C	
		2024-11-07	2024-11-21	14	300	150	X		182,41	34649	339,8	210	190	18,6	2713,620	90,5	C	
		2024-11-07	2024-12-05	28	300	150	X		182,41	42695	418,7	210	234	23,0	3343,711	111,5	D	

Fuente: Adaptado de ESSA

Figura 17

Informe de ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto en cimentación tipo caisson, proyecto Yariguíes

		VM INGENIEROS S.A.S. BIC				COD. VER.: 2410LEPA69X-VMYC23 FECHA: 14 - NOV - 2024								
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES DE CONCRETO (Norma I.N.V.E. - 410-13)</b>														
PROYECTO: CONSTRUCCION DE LA NUEVA SUBESTACION BAJO SIMACOTA - ESSA EPM														
TIPO DE FALLA														
A-CONO		B-CONO Y GRIETA		C-CONO Y CORTE		D-CORTE		E-COLUMNAR						
MUESTRA NO.	DESCRIPCION	DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	PESO GRAMOS	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	R.DISEÑO (psi)	R.DISEÑO (Mpa)	Carga Aplicada	Densidad (g/cm3)	Resist (psi)	TIPO DE FALLA	Desarrollo %
136	C1710	100	202	3602	17/10/2024	24/10/2024	7	4000	28,0	158,7	2,270	2886,6	C	72,2
139		150	302	12138	17/10/2024	24/10/2024	7	4000	28,0	349,8	2,274	2827,9	C	70,7
137		100	202	3712	17/10/2024	31/10/2024	14	4000	28,0	181,2	2,340	3295,9	D	82,4
140		150	302	12867	17/10/2024	31/10/2024	14	4000	28,0	384,6	2,411	3109,2	C	77,7
138	C1710	100	202	3701	17/10/2024	14/11/2024	28	4000	28,0	221,1	2,333	4021,6	C	100,5
141		150	302	12281	17/10/2024	14/11/2024	28	4000	28,0	495,7	2,301	4007,4	C	100,2
OBSERVACIONES:														
REALIZO: Aux. Lab. Juan Camilo Paez Sierra					REVISO: Tec. LUIS E. PAEZ A.									

Fuente: Adaptado de ESSA

Figura 18

Informe de ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto en muros de contención, proyecto Yariguíes

		VM INGENIEROS S.A.S. BIC				COD. VER.: 2501LEPA69X-VMYC23 FECHA: 03 - ENE - 2025								
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES DE CONCRETO (Norma I.N.V.E. - 410-13)</b>														
PROYECTO: CONSTRUCCION DE LA NUEVA SUBESTACION BAJO SIMACOTA - ESSA EPM														
TIPO DE FALLA														
A-CONO		B-CONO Y GRIETA		C-CONO Y CORTE		D-CORTE		E-COLUMNAR						
MUESTRA NO.	DESCRIPCION	DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	PESO GRAMOS	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	R.DISEÑO (psi)	R.DISEÑO (Mpa)	Carga Aplicada	Densidad (g/cm3)	Resist (psi)	TIPO DE FALLA	Desarrollo %
199	ZAPATA M7.2 M6.5	150	302	12207	05/12/2024	12/12/2024	7	4000	28,0	392,8	2,287	3175,5	C	79,4
200		150	302	12216	05/12/2024	19/12/2024	14	4000	28,0	412,4	2,289	3334,0	C	83,3
200-1		150	302	12109	05/12/2024	19/12/2024	14	4000	28,0	416,3	2,269	3365,5	C	84,1
201		150	302	12122	05/12/2024	02/01/2025	28	4000	28,0	501,6	2,271	4055,1	D	101,4
201-1		150	302	12140	05/12/2024	02/01/2025	28	4000	28,0	502,5	2,275	4062,3	D	101,6
202	VASTAGO M7-1.1	150	302	12204	06/12/2024	13/12/2024	7	4000	28,0	394,0	2,287	3185,2	C	79,6
203		150	302	12161	06/12/2024	20/12/2024	14	4000	28,0	410,2	2,279	3316,2	C	82,9
203-1		150	302	12132	06/12/2024	20/12/2024	14	4000	28,0	413,7	2,273	3344,5	D	83,6
204		150	302	12214	06/12/2024	03/01/2025	28	4000	28,0	500,1	2,289	4042,9	C	101,1
204-1		150	302	12194	06/12/2024	03/01/2025	28	4000	28,0	503,6	2,285	4071,2	D	101,8
OBSERVACIONES:														
REALIZO: Aux. Lab. Juan Camilo Paez Sierra					REVISO: Tec. LUIS E. PAEZ A.									

Fuente: Adaptado de ESSA

### 4.3.3 Extracción de núcleos de cimentación en torre

Ante la incertidumbre generada en el vaciado de una cimentación de la línea de distribución, se solicitó la extracción de núcleos de concreto, ejecutada por una empresa especializada. Los resultados de laboratorio permitieron conocer la resistencia real del material colocado y respaldar la decisión de continuar con la obra de manera segura, sin comprometer la confiabilidad de la estructura.

La **Figura 19** muestra la extracción de un núcleo de cimentación en la línea Mogotes, evidenciando el procedimiento realizado para la verificación de la calidad del concreto.

**Figura 19**









*Extracción de núcleo de cimentación, línea Mogotes*



*Fuente: Adaptado de ESSA*

La **Figura 20** muestra el informe de ensayo de resistencia a la compresión de los núcleos de concreto, evidenciando los resultados obtenidos en laboratorio y permitiendo validar la calidad del material empleado en la cimentación.

**Figura 20**  
Informe de ensayo de resistencia a la compresión de núcleos de concreto

 <b>Construsuelos de Colombia S.A.S</b> NIT.804.015.242-8										FECHA: 18/03/2021 CODIGO: PP06-13-R04 REVISION: 4	
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO INV. E-410-13 (NORMA ICONTEC 673) Capping de Neopreno de acuerdo a las Normas ASTM C-1231-03 y AASHTO T22-851											
OBRA : CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIÓN LINEAS 34.5 MOGOTES											
CONTRATISTA : EN OBRA INGENIERIA S.A.S. COD. 339										OCTUBRE DE 2024	
Laboratorista : DIEGO OCHOA C.											
ALTURA: 12,1 CM			DIÁMETRO: 7,0 CM			ÁREA: 38,48 CM <sup>2</sup>					
FECHA TORA	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	UBICACIÓN	CARGA ESPERADA	Área Total	Carga	Carga	Ello	Ello	PSI	MPa
					cm <sup>2</sup>	kN	Kilos	Sección Total			
1	01/10/24	03/10/24	2	TORRE 31 - NORTE ZAPATA	3000	38,48	72,62	7405,21	192,44	2.731	18,87
											
ALTURA: 9,6 CM			DIÁMETRO: 4,8 CM			ÁREA: 18,09 CM <sup>2</sup>					
2	01/10/24	03/10/24	2	TORRE 31 SUR ZAPATA	3000	18,09	34,69	3537,41	195,54	2.775	19,17
											
OBSERVACIONES: _____											
MARY CALDERON J. ELABORÓ:				FANNY L. RAMIREZ REVISÓ:				 APROBO			

Fuente: Adaptado de ESSA

#### 4.3.4 Revisión de cimentaciones

En visita técnica realizada al municipio de Mogotes se verificó la correcta ejecución de cimentaciones para las torres de distribución. Se revisaron dimensiones de excavaciones, alineamientos, disposición de acero de refuerzo y demás especificaciones técnicas, asegurando el cumplimiento de los requisitos antes de emitir el recibido de estas actividades. La **Figura 21** muestra la revisión de las cimentaciones, ilustrando el control visual de las dimensiones y especificaciones técnicas.

**Figura 21**  
*Torres de distribución*



*Fuente: Adaptado de ESSA*

#### **4.3.5 Supervisión de vaciados de concreto**

Durante los vaciados desarrollados en Mogotes y en la subestación Yarigués se controlaron aspectos como la limpieza del área de trabajo, la correcta disposición de los aceros, la toma de ensayos de slump y temperatura, así como la elaboración de cilindros para pruebas posteriores. Esta supervisión permitió confirmar la calidad del material y la confiabilidad de los elementos estructurales construidos.

**Figura 22**

*Chequeo de actividades durante el vaciado, línea Mogotes*



Vaciado de concreto



Correcto vibrado



*Fuente: Adaptado de ESSA*

**Figura 23**

*Chequeo de actividades durante el vaciado, subestación Yariguíes*



Vaciado de concreto en zarpa



Vibrado de concreto



Vaciado de concreto en formaleta

*Fuente: Elaboración propia (2024).*

**Figura 24**

*Toma de cilindros para ensayos posteriores*



*Fuente: Adaptado de ESSA*

#### 4.3.6 Supervisión de rellenos en la subestación Yariguíes

El proceso de relleno estuvo a cargo de una empresa especializada, que aplicó más de 1.000 m<sup>3</sup> de material seleccionado. Se verificó la compactación en capas y la ejecución de ensayos de densidad cada 20 cm de altura, garantizando la estabilidad y capacidad portante del terreno. Este control resultó fundamental para brindar soporte adecuado a las estructuras de la subestación, como se observa en las **Figuras 25 y 26**.

**Figura 25**

*Proceso de compactación del material, subestación Yariguíes*



*Fuente: Adaptado de ESSA*

**Figura 26***Toma de densidades, cono de arena*

*Fuente: Adaptado de ESSA*

En conjunto, las actividades desarrolladas en esta fase consolidaron un control técnico riguroso sobre materiales y procesos constructivos. La verificación de insumos, la supervisión de ensayos de laboratorio, la extracción de núcleos y la revisión de cimentaciones y rellenos garantizaron el cumplimiento de especificaciones y normativas, aportando seguridad y confiabilidad al proyecto. Asimismo, la presencia constante en campo fortaleció la capacidad de respuesta ante eventualidades y se constituyó en un pilar para la toma de decisiones oportunas durante la ejecución de la obra.

## 5. Conclusiones

La práctica empresarial en ESSA permitió aportar al desarrollo del proyecto de la subestación Yariguíes y la línea de distribución Mogotes mediante actividades de apoyo en la supervisión técnica y administrativa de la obra civil. El acompañamiento en la revisión de planos,

memorias de cálculo, presupuestos y cantidades de obra aseguró que la ejecución se mantuviera alineada con los diseños y los lineamientos establecidos por la empresa.

El control de calidad desempeñado a través del seguimiento de ensayos de laboratorio, la revisión de certificados de materiales, la supervisión del curado de cilindros y la validación de los resultados de resistencia del concreto garantizó que las actividades constructivas se desarrollaran bajo estándares técnicos confiables. Este proceso hizo posible anticipar riesgos y tomar decisiones oportunas frente a posibles incumplimientos.

La creación de herramientas de control, como el archivo programado en Excel para verificar y consolidar semanalmente las cantidades ejecutadas y reportadas por la constructora, representó un aporte significativo al seguimiento administrativo y técnico. Esta estrategia contribuyó a la transparencia en el manejo de la información y favoreció el cumplimiento del cronograma de ejecución.

La participación en comités y reuniones de obra, así como la elaboración de actas con evidencias documentales y fotográficas, fortaleció la comunicación entre los diferentes actores del proyecto y facilitó la toma de decisiones conjuntas frente a imprevistos. Esto evidenció la importancia de la coordinación y del registro detallado de las actividades en el éxito de un proyecto de infraestructura eléctrica.

La práctica empresarial fortaleció competencias técnicas en el área de construcción de obras civiles aplicadas a proyectos eléctricos y permitió el desarrollo de habilidades de gestión y control con aplicación en escenarios profesionales futuros. La experiencia adquirida se constituye en un fundamento sólido para enfrentar con responsabilidad los retos propios del ejercicio de la ingeniería civil y eléctrica.

## 6. Recomendaciones

Se recomienda fortalecer los procesos de control de cantidades de obra mediante el uso de herramientas digitales estandarizadas, como archivos Excel programados o software especializado en gestión de proyectos. Esto permitirá optimizar la supervisión y aumentar la precisión en la verificación de cantidades y costos reportados por los contratistas.

Es aconsejable realizar una revisión exhaustiva de los Análisis de Precios Unitarios (APU) antes de iniciar cada actividad constructiva. Con ello se podrán identificar posibles inconsistencias entre lo presupuestado y lo ejecutado, evitando sobrecostos y discusiones posteriores durante el proceso contractual.

Se sugiere estandarizar formatos y procedimientos de supervisión en los proyectos de la Electrificadora de Santander. La adopción de manuales y guías prácticas para el seguimiento técnico de obras civiles facilitaría la comparación de resultados, reduciría tiempos administrativos y fortalecería la trazabilidad de la información generada en campo.

Es recomendable mantener la documentación constante de las actividades mediante registros fotográficos, actas y bitácoras técnicas. Esta práctica permitirá contar con un respaldo verificable en caso de reclamaciones y garantizará la transparencia y confiabilidad del proceso constructivo.

Se aconseja continuar promoviendo la articulación entre la ESSA y las empresas contratistas, fomentando la comunicación efectiva y la resolución temprana de dificultades técnicas. Este trabajo colaborativo contribuirá a mejorar la calidad y eficiencia en la ejecución de proyectos futuros.

### **Referencias Bibliográficas**

*Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.*

*Congreso de Colombia. (1994). Ley 143 de 1994. Ley del Sector Eléctrico. Bogotá: El Congreso*

*Ministerio de Minas y Energía. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Bogotá: El Ministerio de Minas y Energía.*

*Project Management Institute. (2017). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) (6th ed.). Project Management Institute.*