

Auxiliar de ingeniería para el apoyo en la coordinación geotécnica y control de calidad en la caracterización de materiales e informes técnicos en los proyectos a cargo de la empresa (SECOIN S.A.S).

Joan Sebastián Chaparro Melendez

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Hebenly Celis Leguizamo

Ingeniera Civil

Codirector

Luis Devis Rincon Triana

Ingeniero Civil

Universidad Industrial de Santander

Faculta de Físico Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

Dedico este proyecto de grado, requisito para la obtención del título de Ingeniero Civil, a Dios, quien fue mi guía y fortaleza a lo largo de este proceso. En los momentos de mayor dificultad, especialmente al enfrentar una ciudad desconocida a tan corta edad, encontré en Él el apoyo necesario para superar cada obstáculo y tomar decisiones que hoy me permiten alcanzar este logro. Gracias a su acompañamiento, fue posible avanzar con firmeza hacia el cumplimiento de un sueño personal y familiar: ver al último hijo convertirse en el primer profesional entre sus hermanos. A mis padres, Celia Meléndez Silva y Heriberto Chaparro, por su apoyo incondicional, su sacrificio constante y la confianza depositada en mí desde el inicio de este camino. Su esfuerzo, dedicación y ejemplo fueron fundamentales para mi formación personal y profesional. En medio de las dificultades, nunca dejaron de creer en mí ni de brindarme el respaldo necesario para continuar. Este logro es también el resultado de su entrega y amor, por lo cual les expreso mi más sincero agradecimiento.

A mis hermanos, y de manera especial a Bryan Chaparro, por su acompañamiento, apoyo permanente y solidaridad, aun a la distancia. Su presencia y ánimo fueron un pilar importante durante el desarrollo de esta etapa.

A quien fue mi primer amor, por las palabras de motivación y confianza brindadas en los inicios de mi formación profesional, las cuales contribuyeron a fortalecer mi determinación para alcanzar mis objetivos.

Finalmente, dedico este trabajo a quien hoy me acompaña desde el cielo, cuya memoria permanece presente y cuyo cuidado espiritual ha sido una fuente constante de fortaleza Dominic Matias Melendez Leal.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Industrial de Santander, especialmente a la Facultad de Ingeniería Civil, por abrirme sus puertas y acogerme en su alma mater. Gracias por brindarme un entorno académico y humano que me hizo sentir en casa desde el primer momento, permitiéndome desarrollar plenamente las competencias y actividades propias de mi formación profesional, y fortaleciendo cada día más mi amor y compromiso por la universidad y por la Ingeniería Civil. Agradezco profundamente a mis padres por su confianza incondicional, por su esfuerzo constante y por luchar día a día para brindarme la oportunidad de acceder a una educación superior. Este logro también les pertenece, pues gracias a su apoyo y sacrificio hoy puedo dar este paso que marcará un cambio significativo en mi vida y en mi futuro. Extiendo un especial agradecimiento a mi directora, Hebenly Celiz Leguízamo, y a mi tutor, Luis Deivis Rincón Triana, por su disposición, acompañamiento y orientación permanente. Gracias por dedicar no solo su tiempo profesional sino también personal para atender mis inquietudes, brindarme guía y apoyarme en cada uno de los procesos académicos y profesionales que hicieron parte de esta etapa.

Finalmente, agradezco a mi ciudad natal, Barrancabermeja, Santander, por abrirme las puertas a las oportunidades académicas en la sede de la Universidad Industrial de Santander, donde cursé mis cuatro primeros semestres. Asimismo, agradezco la oportunidad de conocer y realizar mis prácticas empresariales en SECOIN S.A.S., una empresa valiosa, conformada por profesionales íntegros, éticos y comprometidos, cualidades que representan el verdadero sentido de un buen profesional.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Objetivos	16
1.1 Objetivo general	16
1.2. Objetivos específicos.....	16
2. Información de la empresa	17
2.1 Descripción de la empresa	17
2.3 Servicios que presta la empresa	18
2.4 Misión	18
2.5 Visión	18
2.6 Certificación de la empresa.....	19
2.7 Organigrama de la empresa.....	20
3. Marco de referencia	22
3.1 Invias – Sección 100	23
3.2 Normativa Técnica Colombiana (NTC).....	24
3.3 Estándares internacionales (ASTM).....	24
4. Metodología	25
4.1 Fase I: Reconocimiento y participación en la exploración geotécnica.....	26
4.2 Fase II: Caracterización y evaluación mecánica de materiales	26
4.3 Fase III: Elaboración y validación de informes técnicos	26
4.4 Fase IV:	26
5. Localización y descripción de los proyectos	27

ESTUDIO GEOTECNICO TANQUES K2806 – TANQUES GRB	27
5.1 Proyecto 1: ingeniería de detalle línea base calidad de combustible (LBCC) GRB27	
5.2 Proyecto 2: obras en la zona norte del proyecto línea base calidad de combustible (LBCC) GRB	29
5.3 Proyecto 3: sistemas de drenaje estación Sebastopol.....	30
5.4 Proyecto 4: estudio geotécnico tanques K2806 – TANQUES GRB.....	31
5.5 Proyecto 5: estudio de suelos ODS 105	33
6. Trabajo de laboratorio (ensayos).....	35
6.1 Cuarteo	38
6.2 Lavado por el tamiz No 200.....	39
6.3 Granulometría.....	40
6.4 Humedad natural	41
6.5 Limite líquido, plástico y índice de plasticidad.....	42
6.6 Gravedad específica relativa en arcillas y limos	44
6.7 Consolidación unidimensional de los suelos.....	46
6.8 Corte directo en condición consolidado drenado	47
6.9 Compresión incofinada en muestras de suelo	49
7. Trabajo de laboratorio (control de calidad de materiales).....	52
7.1 Control de calidad de concreto (rotura de cilindros).....	52
7.2 Estabilización de materiales con cal.....	54
8. Trabajo de campo	57
9. Cumplimiento de metodología	60
10. Conclusiones	62

11. Recomendaciones.....	66
Referencias bibliográficas	67

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1:Ubicación proyectos de la empresa Secoin.....	27
Tabla 2:Normatividad para ensayos de laboratorio.....	35
Tabla 3:Normativa para procedimiento en campo.....	57
Tabla 4:Actividades desarrolladas para el cumplimiento de los objetivos y metodología.....	60

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Ubicación geográfica de la empresa. (Google Maps, s. f.).....	18
Figura 2:Certificados de calidad y seguridad en el trabajo. Nota: Secoin	20
Figura 3:Organigrama de la empresa. Nota: Autor.....	21
Figura 4:Fases de la metodología. Nota: autor.....	25
Figura 5: Mapa sinóptico de ensayos y trabajo en campo. Nota: autor	25
Figura 6:Localización de la Refinería de Barrancabermeja GRB, Zona Sur Interconnecting. Nota: Secoin	28
Figura 7:Localización proyecto línea base a cargo de Randley, fase inicial. Nota: Randley.....	29
Figura 8:Ilustración 8: Localización proyecto sistema de drenaje estación Sebastopol. Nota: Secoin	30
Figura 9:Ilustración 9: localización proyecto estudio geotécnico tanques K2806. Nota: Secoin	32
Figura 10:Ilustración 10: localización proyecto estudios de suelos ODS 105. Nota: Secoin.....	33
Figura 11:Formato de perfiles estratigráficos. Nota: Secoin.....	37
Figura 12:Fotografía de muestras llegando a laboratorio. Nota: autor.....	38
Figura 13:Fotografía de como llegan a laboratorio las muestras. Nota: autor.....	38
Figura 14:Fotografía del cuarteo de la muestra. Nota: autor.....	38
Figura 15:Remojo de la muestra para su lavado. Nota: autor	39
Figura 16:Fotografía de lavado del material. Nota: autor.....	40
Figura 17:Fotografía de tamices. Nota: Autor.....	41
Figura 18:Fotografía de ensayo de límites. Nota: Autor	42
Figura 19:Fotografía de casa grande. Nota: Autor.....	43
Figura 20:Fotografía de limite plástico. Nota: (Jorge Hernán Flórez Gálvez, 2020)	43
Figura 21:Fotografía de picnómetros. Nota: Autor	45
Figura 22:Fotografía de pastilla para corte directo. Nota: Autor	46
Figura 23:fotografía de consolidómetros. Nota: Autor.....	47

Figura 24:Fotografía equipos de corte directo. Nota: Autor48

Figura 25:Fotografía de la pastilla luego del ensayo. Nota: Autor49

Figura 26:Fotografía equipo de Marshall y cronometro. Nota: Autor50

Figura 27:Fotografía al terminar el ensayo de compresión incofinada. Nota: Autor.....51

Figura 28: Fotografía de cilindros fallados. Nota: Autor53

Figura 29:Fotografía granulometría material a estabilizar Nota: Autor.....55

Figura 30:Fotografía de cal utilizada. Nota: Autor.....55

Figura 31:Fotografía de mezclado de cal con el material. Nota: Autor56

Figura 32: Fotografía de registro fotográfico de campo. Nota: Autor.....58

Figura 33:Fotografía de registro fotográfico de campo. Nota: Autor58

Figura 34:Fotografía de preparación de muestra para su transporte. Nota: Autor59

Figura 35:Fotografía de perforación. Nota: Autor59

Lista de Apéndices

- ✓ APÉNDICE A: Informes avance mensual de las practicas.
- ✓ APÉNDICE B: Acta de inicio prácticas.
- ✓ APÉNDICE C: Acta de finalización prácticas.
- ✓ APÉNDICE D: Certificación de cumplimiento de parte de la empresa.
- ✓ APÉNDICE E: Aval de parte de la empresa.

“Los apéndices mencionados anteriormente están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander (UIS)”

Resumen

Título: Auxiliar de ingeniería para el apoyo en la coordinación geotécnica y control de calidad en la caracterización de materiales e informes técnicos en los proyectos a cargo de la empresa (SECOIN S.A.S). *

Autor: Joan Sebastián Chaparro Melendez**

Palabras Clave: Perforación, geotecnia, sondeo, perfil, caracterización, rotura.

Descripción: En el presente documento se describe y detallan las actividades desarrolladas durante la práctica empresarial realizada en la empresa SECOIN S.A.S., desempeñando el cargo de Auxiliar de Ingeniería y Coordinador de Laboratorio. Durante este periodo se ejecutaron actividades en diversos proyectos del área de geotecnia, ubicados en municipios como Barrancabermeja (Santander) y Puerto Berrío (Antioquia). En estos proyectos se participó en la realización de estudios geotécnicos, mediante la ejecución y supervisión de sondeos, así como en el control y coordinación de ensayos de laboratorio necesarios para la caracterización del suelo. En este presente documento en todo momento se garantiza el cumplimiento de la normativa vigente para cada ensayo, así como se garantizó durante la realización de las practicas. Normas como lo son normativa técnica colombiana (NTC) o el Instituto Técnico Nacional de Vías (INVIAS). La práctica empresarial tuvo una duración de cuatro (4) meses, comprendidos entre el 04 de diciembre y el 04 de abril del 2026, periodo durante el cual se adquirieron y fortalecieron competencias técnicas y profesionales en el campo de la ingeniería civil en especial en el área de la geotecnia.

* Trabajo de Grado

** Facultad de fisicomecánicas. Escuela de ingeniería Civil. Director: Hebenly Celis Leguizamo. Ingeniero Civil. Codirector: Luis Devis Rincon Triana. Ingeniero Civil

Abstract

Title: Engineering assistant to support geotechnical coordination and quality control in the characterization of materials and technical reports in the projects in charge of the company (SECOIN S.A.S).*

Author: Joan Sebastián Chaparro Melendez**

Key Words: Drilling, geotechnics, survey, profile, characterization, breakage.

Description: This document describes and details the activities developed during the business internship carried out at the company SECOIN S.A.S., performing the position of Engineering Assistant and Laboratory Coordinator. During this period, activities were carried out in various projects in the geotechnics area, located in municipalities such as Barrancabermeja (Santander) and Puerto Berrio (Antioquia). In these projects, we participated in carrying out geotechnical studies, through the execution and supervision of surveys, as well as in the control and coordination of laboratory tests necessary for the characterization of the soil. In this document, compliance with current regulations for each test is guaranteed at all times, just as it was guaranteed during the practices. Standards such as Colombian technical regulations (NTC) or the National Technical Institute of Roads (INVIAS). The business internship lasted four (4) months, between December 4 and April 4, 2026, a period during which technical and professional skills were acquired and strengthened in the field of civil engineering, especially in the area of geotechnics.

* Degree Work

** Faculty of physical mechanics. School of Civil Engineering. Director: Hebenly Celis Leguizamo. Civil engineer.

Co-director: Luis Deivis Rincon Triana. Civil engineer

Introducción

El ingeniero civil se enfrenta diariamente a desafíos en los que la geotecnia se convierte en una de las ramas más fundamentales y relevantes de la ingeniería. Esta disciplina se encarga del estudio del comportamiento del suelo y de los materiales que lo componen, mediante ensayos de laboratorio y pruebas de campo que permiten determinar sus propiedades físicas, mecánicas y en algunos casos, químicas. A partir de estos resultados se establece la clasificación del suelo y se analiza su respuesta ante las cargas y esfuerzos transmitidos por las estructuras. El adecuado conocimiento del suelo es indispensable para garantizar la estabilidad, seguridad y durabilidad de cualquier obra, ya que toda construcción inicia desde su cimentación, elemento estructural que transmite las cargas al terreno. Un error en la caracterización geotécnica puede generar asentamientos excesivos, fallas estructurales o incluso colapsos, lo que demuestra la importancia de realizar estudios detallados antes de ejecutar cualquier proyecto.

En el contexto colombiano y particularmente en la ciudad de Barrancabermeja, la geotecnia adquiere una relevancia aún mayor debido a las condiciones específicas del terreno. Esta ciudad alberga una de las refinerías más importantes del país, encargada del procesamiento del petróleo para la producción de hidrocarburos como combustibles y otros derivados. La infraestructura asociada a la refinería (plantas industriales, tanques de almacenamiento, tuberías y estructuras metálicas de gran magnitud) requiere condiciones de cimentación seguras y confiables. Cabe destacar que gran parte de estas instalaciones se encuentran ubicadas en zonas cercanas al río Magdalena, en sectores que anteriormente correspondían a áreas de carácter hídrico o depósitos aluviales. En algunos sectores de la refinería el terreno está conformado por rellenos antrópicos o suelos de origen fluvial, los cuales pueden presentar alta compresibilidad, baja capacidad portante y niveles freáticos elevados. Estas características hacen indispensable la realización de estudios geotécnicos rigurosos que incluyan sondeos, ensayos de laboratorio

(como límites de Atterberg, granulometría, corte directo, consolidación, entre otros) y análisis de capacidad portante y asentamientos. De esta manera, el estudio del suelo no solo permite diseñar adecuadamente el tipo de cimentación (superficial o profunda), sino también prever posibles problemas como asentamientos diferenciales, licuación, estabilidad de taludes o afectaciones por variaciones en el nivel freático. En proyectos industriales de gran envergadura, como los desarrollados en la refinería de Barrancabermeja, la geotecnia se convierte en un pilar esencial para garantizar la seguridad operativa, la protección ambiental y la sostenibilidad de las estructuras a largo plazo.

La empresa SECOIN S.A.S. se ha enfocado desde sus inicios en la realización de estudios de suelos, con especial énfasis en el sector petrolero. Esta especialización le ha permitido consolidarse como una de las principales empresas en la región en el desarrollo de exploraciones geotécnicas aplicadas a la industria de hidrocarburos.

La participación en la empresa como Auxiliar de Ingeniero Civil y Coordinador de Laboratorio en el área de control de calidad, consistió en llevar un control riguroso y la verificación del cumplimiento de la normativa vigente aplicada a las muestras ensayadas en el laboratorio, de igual manera participé en el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, garantizando que los materiales cumplieran con los criterios mínimos establecidos por la norma para su respectivo uso en obra, según las especificaciones técnicas requeridas. A su vez fortalecí mis conocimientos en la identificación y clasificación de suelos conforme a la norma INV E-102-13, la cual establece el procedimiento para el análisis e identificación manual y visual de materiales, este proceso permitió desarrollar mayor criterio técnico en la evaluación de resultados y profundizar en el ámbito normativo.

El enfoque adoptado durante la práctica contribuyó significativamente a mi crecimiento profesional, ya que me permitió comprender con mayor profundidad la aplicación de la normativa a través del análisis detallado de resultados y el control de calidad en proyectos reales.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Desarrollar actividades de apoyo geotécnico de la empresa, mediante la elaboración de informes y realización de ensayos de laboratorio y campo con el fin de garantizar la calidad de los estudios de suelos para proyectos en curso.

1.2. Objetivos específicos

- ✓ Participar en actividades de exploración geotécnica directa e indirecta como insumo para los estudios geotécnicos a realizar en la empresa.
- ✓ Realizar ensayos de esfuerzo-deformación para la evaluación del comportamiento mecánico de suelos y rocas.
- ✓ Analizar resultados de ensayos de caracterización de materiales de suelos y rocas.
- ✓ Elaborar informes de exploración geotécnica conforme a los lineamientos técnicos y normativos.

2. Información de la empresa

2.1 Descripción de la empresa

La empresa **SECOIN SAS** está conformada por un equipo interdisciplinario de profesionales, especialmente ingenieros civiles y especialistas en áreas afines, orientados a brindar a sus clientes servicios de consultoría y acompañamiento técnico en el diseño y construcción de obras de ingeniería. Asimismo, ofrece asesoría especializada para resolver inquietudes relacionadas con la calidad de los materiales empleados en proyectos constructivos y en la evaluación de productos ya terminados, particularmente en estructuras donde se ha intervenido con concreto.

SECOIN es una empresa dedicada exclusivamente a la prestación de servicios de ingeniería y consultoría, mas no a la ejecución directa de obras. Su campo de acción se centra en el diseño, estudio, supervisión e interventoría, así como en la asesoría técnica especializada, ofreciendo servicios de carácter intelectual, técnico y de gestión, enfocados en garantizar la calidad y el cumplimiento normativo en los proyectos.

2.2 Localización

La empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Barrancabermeja del departamento de Santander, exactamente en el Barrio La Floresta en la calle 67 #32-10.

Figura 1: Ubicación geográfica de la empresa. (Google Maps, s. f.).



2.3 Servicios que presta la empresa

La empresa cuenta con laboratorios para realizar ensayos de suelos, concretos, pavimentos y materiales. también realiza perforación manual y mecánica, así como levantamientos topográficos con estación y dron.

2.4 Misión

SECOIN SAS presta servicios de estudio de suelos, diseño de mezclas de Concreto y asfaltos, ensayos de suelos, controles de calidad de concretos, asfaltos y obras civiles en general para sector público y privado. Todos estos servicios respaldados a través del uso de personal competente, manteniendo en buen estado la infraestructura de la empresa.

2.5 Visión

SECOIN SAS, a través del mejoramiento continuo, especialmente de su grupo humano, infraestructura, uso de equipos de medición confiables, busca elevar permanentemente la calidad de su gestión para consolidarse como la empresa líder en consultoría, estudios de suelos y control

de calidad en obras civiles en Barrancabermeja, para el 2027, ser reconocida a nivel departamental y nacional por la calidad de sus servicios, prevención de accidentes y enfermedades laborales, prevención de la contaminación.

2.6 Certificación de la empresa

La empresa cuenta con certificación ISO 45001:2018 es decir esta certificada por la norma internacional para sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo y con certificación ISO 9001:2015 significa que esta certificada en el sistema de gestión de calidad (SGC), estas certificaciones las tienes con BUREAU VERITAS CERTIFICATION.

Figura 2: Certificados de calidad y seguridad en el trabajo. Nota: Secoin



2.7 Organigrama de la empresa

El organigrama que se presenta a continuación corresponde a la estructura organizacional de la empresa. En este se incluye al practicante, permitiendo identificar claramente el cargo que desempeñaba, así como el área de trabajo con la que se relacionaban sus funciones y actividades.

Figura 3: Organigrama de la empresa. Nota: Autor



Como se puede observar en el organigrama previamente presentado, la estructura organizacional de la empresa está encabezada por el representante legal, el Ingeniero Luis Devis Rincón Triana, quien además desempeña el rol de tutor de la práctica empresarial, brindando acompañamiento y orientación durante el desarrollo de las actividades formativas.

En un nivel jerárquico posterior se encuentra la coordinadora de HSE (Salud, Seguridad y Medio Ambiente), encargada de velar por el cumplimiento de las normas y políticas relacionadas con la seguridad laboral y la gestión ambiental dentro de la organización. Seguidamente, se ubica el ingeniero de campo, responsable de la supervisión directa de las actividades técnicas y operativas desarrolladas en terreno.

Como apoyo a este último, se encuentra el practicante, quien desempeñó funciones como coordinador de laboratorio de control de calidad y, de manera complementaria, como auxiliar del ingeniero de campo, en este sentido, el practicante participó activamente en la ejecución y seguimiento de diversas actividades técnicas, contribuyendo tanto en los procesos de laboratorio como en las labores desarrolladas en campo, fortaleciendo así su formación profesional mediante la integración de conocimientos teóricos y prácticos.

3. Marco de referencia

Los estudios geotécnicos se realizan con base en la normatividad de cada país, en Colombia rigen la norma **INVIAS** (Invias, s. f.) para vías, la norma técnica colombiana **NTC** (*Normativas y certificaciones de calidad con Icontec | ICONTEC*, s. f.) para materiales, la **NSR10** («NSR-10», 2024) para edificaciones, la **RAS** (Mejía et al., s. f.) para acueductos y para puentes el **código colombiano** (*Código Colombiano de Puentes CCP-14 | PDF | Puente | Sectores Economicos*, s. f.) y también existen estándares internacionales como lo es la **ASTM** (*ASTM International | ASTM*, s. f.).

Los estudios geotécnicos son el conjunto de tareas que abarcan la exploración directa del terreno, el estudio de las condiciones del subsuelo, los análisis técnicos y las recomendaciones de ingeniería que tienen como objetivo proporcionar los parámetros necesarios para el diseño y la ejecución de obras que interactúan con el suelo. Estas acciones buscan asegurar un rendimiento estructural adecuado de la construcción, priorizando la seguridad de las personas ante posibles eventos externos, así como la protección de infraestructuras, propiedades y edificaciones aledañas (*Titulo-H-NSR-10-Decreto Final-2010-01-14.pdf*, s. f.).

La exploración geotécnica abarca diversas actividades, como sondeos, calicatas, trincheras y perforaciones, que permiten obtener muestras representativas del suelo y la roca. A través de estas técnicas, se pueden realizar ensayos tanto en el campo como en el laboratorio. Es fundamental que esta exploración alcance la profundidad y extensión adecuadas, dependiendo de la categoría y características del proyecto, para poder evaluar parámetros como la capacidad de carga, los asentamientos y los niveles freáticos, entre otros (*Titulo-H-NSR-10-Decreto Final-2010-01-14.pdf*, s. f.).

A continuación, se presenta la descripción de la normatividad utilizada durante esta práctica.

3.1 Invias – Sección 100

El Manual de Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras tiene como objetivo unificar y estandarizar los procedimientos de muestreo y ensayo en los laboratorios que llevan a cabo pruebas para proyectos. En la Sección 100 se incluyen los ensayos clave para la caracterización de suelos con fines de ingeniería como lo son la Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos (INV E 123) establece el procedimiento para obtener la distribución granulométrica a través del tamizado. También se aborda la Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo y agregado (INV E 122), que define los métodos A y B para calcular la humedad por diferencia de masas antes y después del secado en horno. Además, se incluye la Determinación del límite líquido (INV E 125) y la Determinación del límite plástico e índice de plasticidad (INV E 126), que ayudan a establecer la consistencia y plasticidad de los suelos finos. Por último, se presenta el Sistema unificado de clasificación de suelos para propósitos de ingeniería (INV E 181), que, a partir de los resultados de granulometría, límites de Atterberg y contenido de humedad, asigna a cada suelo un grupo y símbolo que resume su comportamiento esperado en proyectos viales (*00.Sección 100 Suelos - Lista de Normas - 1 | PDF | Suelo | Ciencias de La Tierra, s. f.*).

3.2 Normativa Técnica Colombiana (NTC)

Las Normas Técnicas Colombianas (NTC) son regulaciones creadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) que establecen los requisitos y métodos necesarios para asegurar la calidad y seguridad en diversos sectores, incluyendo la construcción. En este contexto, la NTC 673 especifica el procedimiento para medir la resistencia a la compresión de cilindros de concreto, garantizando resultados confiables y verificando que el material cumpla con las resistencias de diseño requeridas para los elementos estructurales (Web, 2023).

3.3 Estándares internacionales (ASTM)

Son la autoridad mundial en la elaboración de estándares voluntarios para materiales como metales, plásticos y pinturas, lo que garantiza un rendimiento constante en el que puede confiar. Piense en ellos como el traductor de las propiedades de los materiales, creando un lenguaje universal que define las características ideales y los métodos de prueba para innumerables materiales (*¿Qué es la ASTM?*, s. f.).

4. Metodología

El proceso metodológico se estructuró en cuatro fases principales, que abarcaron desde la recolección inicial de información geotécnica hasta la elaboración final de informes técnicos y académicos. Esta organización permitió garantizar la coherencia y trazabilidad entre las actividades de campo, la ejecución de los ensayos de laboratorio y la consolidación de la documentación técnica final. Este capítulo presenta las actividades desarrolladas, que se separaron por fases para alcanzar cada objetivo específico, se tocaran específicamente las normas asociadas a los ensayos realizados y las actividades ejecutadas durante todo el tiempo comprendido por la práctica empresarial.

Figura 4: Fases de la metodología. Nota: autor



Figura 5: Mapa sinóptico de ensayos y trabajo en campo. Nota: autor



4.1 Fase I: Reconocimiento y participación en la exploración geotécnica

Durante el desarrollo de esta fase se realizó el acompañamiento a las actividades de exploración geotécnica, tanto directa como indirecta, ejecutadas por la empresa en los diferentes proyectos desarrollados durante el periodo de cuatro meses. Estas actividades se llevaron a cabo en los municipios de Barrancabermeja (Santander) y Puerto Berrío (Antioquia), en el marco de estudios de exploración geotécnica para distintos proyectos de ingeniería.

4.2 Fase II: Caracterización y evaluación mecánica de materiales

En esta fase se realizaron ensayos de laboratorio orientados a la caracterización física y mecánica de los materiales involucrados, aplicando las normas técnicas mencionadas en el capítulo anterior (Marco de Referencia), así como los procedimientos internos establecidos por SECOIN S.A.S. Esto permitió garantizar la confiabilidad, precisión y trazabilidad de los resultados obtenidos.

4.3 Fase III: Elaboración y validación de informes técnicos

Durante esta fase se integraron y analizaron los resultados obtenidos en campo y laboratorio, con el fin de elaborar los respectivos informes técnicos conforme a los lineamientos normativos vigentes y a los estándares de calidad establecidos por SECOIN S.A.S. De esta manera, se aseguró la coherencia técnica, la adecuada interpretación de la información y el cumplimiento de los requisitos exigidos por la empresa y por la normativa aplicable

Fase IV: Esta última fase se desarrolló de manera transversal durante todo el periodo de la práctica empresarial, con el propósito de garantizar una redacción técnica clara, coherente y efectiva en cada uno de los documentos elaborados de avance mensual y del presente documento.

5. Localización y descripción de los proyectos

Para el desarrollo de la metodología se participó en diversos proyectos ejecutados. A continuación, se describe de manera detallada la localización y trabajos a cargo de la empresa.

Tabla 1:Ubicación proyectos de la empresa Secoin.

I	PROYECTO	UBICACION
ITEM		
5	INGENIERÍA DE DETALLE LÍNEA BASE	Refinería de
.1	CALIDAD DE COMBUSTIBLE (LBCC) GRB	Barrancabermeja
5	OBRAS EN LA ZONA NORTE DEL	Refinería de
.2	PROYECTO LÍNEA BASE CALIDAD DE COMBUSTIBLE (LBCC) GRB	Barrancabermeja
5	SISTEMAS DE DRENAJE ESTACION	Puerto Olaya
.3	SEBASTOPOL	
5	ESTUDIO GEOTECNICO TANQUES K2806 –	Refinería de
.4	TANQUES GRB	Barrancabermeja
5	ESTUDIO DE SUELOS ODS 105	Refinería de
.5		Barrancabermeja

5.1 Proyecto 1: ingeniería de detalle línea base calidad de combustible (LBCC) GRB

Este proyecto se localizó en las instalaciones de la Refinería de Barrancabermeja de Ecopetrol, GRB, Santander, donde se realizó la investigación del subsuelo, la caracterización geotécnica, los análisis de ingeniería para lograr dar unas conclusiones y recomendaciones para el área de la Zona Sur Interconnecting U4750.

Figura 6: Localización de la Refinería de Barrancabermeja GRB, Zona Sur Interconnecting. Nota: Secoin



Se realizaron los análisis de ingeniería desde el punto de vista geotécnico para los soportes de las tuberías proyectadas en la Zona Sur de la Refinería de Barrancabermeja.

Para ello, se ejecutó un buen trabajo de exploración geotécnica mediante la realización de una serie de sondeos estratégicamente distribuidos, con el fin de abarcar integralmente el área Sur del Interconnecting. Esta exploración permitió caracterizar las condiciones del subsuelo, evaluar las zonas críticas identificadas y atender los requerimientos específicos establecidos por el cliente.

En este proyecto, el aporte a la empresa, en el cargo de Auxiliar de Ingeniería, se desarrolló principalmente en el área de laboratorio, mis funciones consistieron en atender las órdenes de ensayo recibidas y ejecutar los ensayos correspondientes a cada una de las muestras

provenientes del proyecto, garantizando el cumplimiento de los procedimientos técnicos y normativos establecidos.

5.2 Proyecto 2: obras en la zona norte del proyecto línea base calidad de combustible (LBCC) GRB

Este proyecto se localizó en las instalaciones de la Refinería de Barrancabermeja de Ecopetrol, GRB, Santander, donde se llevó a cabo el seguimiento y control de calidad de materiales mediante la ejecución de diversos ensayos de laboratorio.

Figura 7: Localización proyecto línea base a cargo de Randley, fase inicial. Nota: Randley



La empresa Randley es la encargada del desmantelamiento de las estructuras de concreto existentes en el área de intervención, así como de la construcción de los canales de aguas lluvias a lo largo de todo el perímetro del proyecto. De igual manera, tiene a su cargo la construcción de manholes eléctricos y de las respectivas protecciones para pozos, las cuales pueden ser de sección circular o cuadrada, según los requerimientos específicos de protección establecidos para cada pozo.

Entre las actividades realizadas en el laboratorio de Secoin se incluyó la rotura de cilindros de concreto suministrados por el cliente, en este caso la empresa RANDLEY, con el fin de determinar su resistencia a la compresión. Dichos ensayos se efectuaron conforme a lo establecido en la norma técnica NTC 673, correspondiente al procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

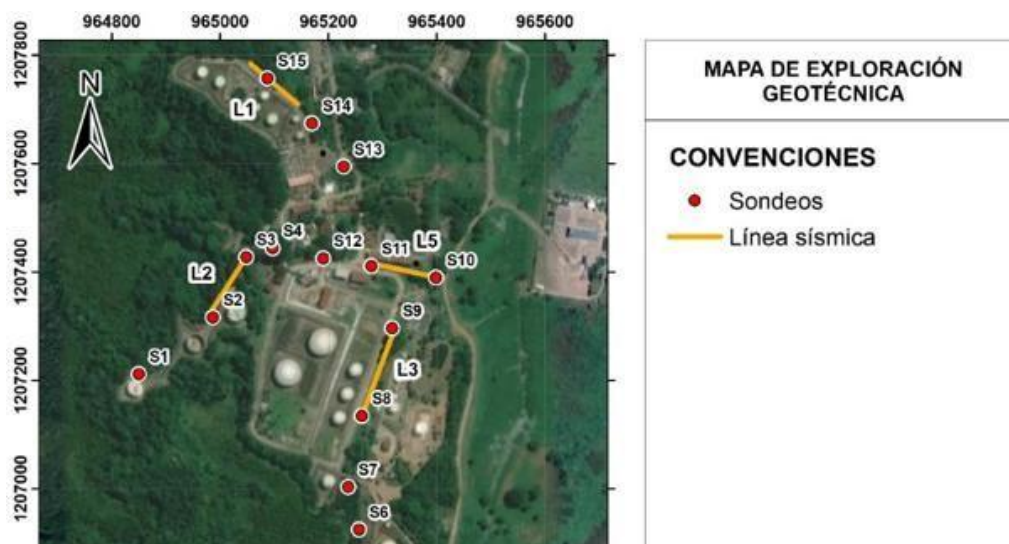
De igual manera, se realizaron ensayos de laboratorio al material empleado en el proyecto y apoyo en realización del informe, con el propósito de verificar el cumplimiento de los parámetros exigidos por la normativa aplicable, tales como el contenido de materia orgánica y la determinación de la humedad óptima. Adicionalmente, se llevó a cabo el proceso de estabilización del material, orientado a alcanzar su humedad óptima y garantizar condiciones adecuadas para su desempeño en obra.

Resaltamos que en este proyecto solo hicimos un trabajo de seguimiento de control de calidad a la empresa Randley que era quien estaba a cargo de este proyecto.

5.3 Proyecto 3: sistemas de drenaje estación Sebastopol

Este proyecto se localizó en la Planta Sebastopol, ubicada en el corregimiento Puerto Olaya, municipio de Cimitarra, costado occidental del departamento de Santander.

Figura 8: Ilustración 8: Localización proyecto sistema de drenaje estación Sebastopol. Nota: Secoin



Para el desarrollo del estudio se realizaron sondeos y apiques manuales, con el objetivo de obtener muestras de suelo y caracterizar las condiciones geotécnicas de los materiales encontrados en el subsuelo. Así mismo, se ejecutaron ensayos de laboratorio de suelos, cuyos resultados permitieron determinar las propiedades índices y los parámetros de resistencia, los cuales constituyen insumos fundamentales para las fases posteriores de diseño.

La información que se recopiló en el campo fue muy importante para caracterizar el terreno desde el punto de vista geotécnico. Esto permitió identificar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que había y posibles cambios en las capas de roca que podrían influir en cómo funcionaba el sistema de drenaje. De esta manera, se garantizó que había una base técnica confiable para analizar y diseñar las soluciones que se propusieron.

En este proyecto, el trabajo en la empresa como Auxiliar de Ingeniería, se centró en el laboratorio, las funciones incluían recibir, organizar y verificar las muestras que venían del campo, y también atender las órdenes de ensayo que se me asignaban. Además, se realizaron los ensayos de laboratorio que correspondían a cada tipo de muestra, siguiendo los procedimientos que se habían establecido y cumpliendo con la normativa técnica que aplicaba.

5.4 Proyecto 4: estudio geotécnico tanques K2806 – TANQUES GRB

El proyecto se desarrolló en las instalaciones de la Refinería de Barrancabermeja de Ecopetrol, ubicadas en el departamento de Santander. El sitio de estudio denominado tanque K-2806 se localiza en el costado oriental del complejo industrial de la Refinería de Barrancabermeja. El tanque K-2806 cuenta con diámetro de 61.00m (200 ft) y altura de 12.20m (40ft).

Figura 9: Ilustración 9: localización proyecto estudio geotécnico tanques K2806. Nota: Secoin



En este proyecto se tenía como objetivo establecer las recomendaciones de mejoramiento de suelos para la cimentación del tanque existente K-2806 localizado en el área oriental de la Refinería de Barrancabermeja. Para ello se revisaron las características geotécnicas de los materiales que conforman el subsuelo en el área de estudio, y se realizaron los análisis geotécnicos requeridos para la evaluación del recalce de la cimentación del tanque. El estudio determinó las propiedades de índice y de resistencia de los suelos de tal forma que permitieron la obtención de modelos geotécnicos para la evaluación de la capacidad portante y los asentamientos de la cimentación.

Para el desarrollo del estudio se realizaron sondeos con la Petty reforzada y apiques manuales, con el objetivo de obtener muestras de suelo y caracterizar las condiciones geotécnicas de los materiales encontrados en el subsuelo.

5.5 Proyecto 5: estudio de suelos ODS 105

Este proyecto se localizó en las instalaciones de la Refinería de Barrancabermeja de Ecopetrol, GRB, Santander, su trabajo fuerte se encontraba en la zona norte específicamente en el antiguo GLP, que es el mismo espacio del proyecto 5.2 en donde se llevó a cabo el seguimiento y control de calidad de materiales mediante la ejecución de diversos ensayos de laboratorio.

Figura 10: Ilustración 10: localización proyecto estudios de suelos ODS 105. Nota: Secoin



Este proyecto pertenece a la nueva planta en la Refinería de Barrancabermeja para producir gasolina más limpia (10 ppm de azufre) y sostenible.

Para el desarrollo del estudio se realizaron sondeos de 12-20-35 metros en la zona y apiques manuales, con el objetivo de obtener muestras de suelo y caracterizar las condiciones geotécnicas de los materiales encontrados en el subsuelo. Así mismo, se ejecutaron ensayos de laboratorio de suelos, cuyos resultados permitieron determinar las propiedades índices y los parámetros de resistencia, los cuales constituyen insumos fundamentales para las fases posteriores de diseño.

La información que se recopiló en el campo fue muy importante para caracterizar el terreno desde el punto de vista geotécnico. Esto permitió identificar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que había y posibles cambios en las capas de roca que podrían influir en cómo funcionaba el sistema de drenaje. De esta manera, se garantizó que había una base técnica confiable para analizar y diseñar las soluciones que se propusieron.

En este proyecto, el trabajo en la empresa como Auxiliar de Ingeniería, se centró en el campo, las funciones incluían perfilar (describir las muestras), organizar y alistar las muestras que van para el laboratorio y de igual manera estar al frente de una comisión de trabajo.

6. Trabajo de laboratorio (ensayos)

Para la realización de los ensayos de laboratorio es necesario tener muy en claro que para cada ensayo de laboratorio se necesitan cumplir con una norma establecida que será mencionada en el siguiente cuadro.

Tabla 2: Normatividad para ensayos de laboratorio.

ENSAYO	NORMA
Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos (análisis granulométrico)	INVIAS E.123
Determinación del contenido de agua (humedad)	INVIAS E.122
Determinación del límite líquido	INVIAS E.125
Determinación del límite plástico y índice de plasticidad	E.126
Sistema unificado de clasificación de suelos para propósito de ingeniería	INVIAS E.181
Compresión incofinada en muestras de suelo	INVIAS E.152-13
Consolidación unidimensional de los suelos	INVIAS E.151-13
Ensayo de corte directo en condición consolidado drenado	INVIAS E.154-13

Control de calidad de cilindros	NTC 673
Gravedad específica relativa en arcillas y limos	INVIAS E.128

Inicialmente al laboratorio de la empresa ingresan las muestras obtenidas de los sondeos ejecutados en el proyecto, junto con su respectiva orden de ensayos. Este documento especifica el tipo y la cantidad de ensayos a realizar, así como la profundidad del sondeo y el método de perforación empleado.

Adicionalmente, se reciben los perfiles estratigráficos correspondientes a cada sondeo, en los cuales se presenta una descripción preliminar del material encontrado, el método de ensayo utilizado en campo y el registro del número de golpes requeridos para la obtención de la muestra. Esta información es fundamental para orientar adecuadamente al laboratorista la programación y ejecución de los ensayos de laboratorio y así mismo el material con el que se va a encontrar a lo que inicia su intervención.

Los formatos que se presentan a continuación corresponden a documentos internos de la empresa, utilizados en el desarrollo de sus proyectos. En estos, se registra la información necesaria para la ejecución de los ensayos de laboratorio, en los cuales se brindó apoyo directo al laboratorista durante su desarrollo, con base en estos documentos, el laboratorista da inicio a la ejecución de los diferentes ensayos, siguiendo los procedimientos establecidos y garantizando la correcta organización, control y trazabilidad de la información obtenida en el laboratorio.

Figura 11: Formato de perfiles estratigráficos. Nota: Secoin

PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO LBCC OT 304 - ECP

SONDEO	TIPO	MUESTRA	PROFUNDIDAD	ORDEN DE ENSAYOS												
				LAVADO SOBRE T-200	GRANULOMETRÍA	PESO ESPECÍFICO	LÍMITES DE ATTERBERG	LÍMITES DE CONTRACCIÓN	HUMEDAD NATURAL	MATERIA ORGÁNICA	PESO UNITARIO	CONSOLIDACIÓN	COMPRESIÓN INCONFINADA	CORTE DIRECTO CB		
Sondeo 1 Interconnecting - Área 2	AP	1	0 18		X	X	X				X	X				
Sondeo 1 Interconnecting - Área 2	SPT	2	18 2.25													
Sondeo 1 Interconnecting - Área 2	SPT	3	2.25 2.7		X	X	X				X					
Sondeo 1 Interconnecting - Área 2	SPT	4	2.7 3.15													
Sondeo 1 Interconnecting - Área 2	SPT	5	3.15 3.6													
Sondeo 1 Interconnecting - Área 2	SPT	6	3.6 4.05		X		X				X					
Sondeo 1 Interconnecting - Área 2	SPT	7	4.05 4.5													
Sondeo 1 Interconnecting - Área 2	SPT	8	4.5 5													
Sondeo 1 Interconnecting - Área 2	SPT	9	5 5.5		X	X	X				X					
Sondeo 1 Interconnecting - Área 2	SPT	10	5.5 6													
Sondeo 1 Interconnecting - Área 2	SPT	11	6 6.5		X		X				X					
Sondeo 1 Interconnecting - Área 2	SPT	12	6.5 7													

Profundidad (m)	Caja No.	Método	Muestra	Respete (mm)	SPT			Parámetro de ajuste (kg/cm²)	e _{cd} (%)	Descripción e identificación visual de los suelos (Presedimiento visual)
					15 cm	15 cm	15 cm			
0.00 - 0.50	-	SPT	1	45	2	4	23	N.A.	N.A.	0.00 metros a 0.50 metros - Refiero: Arena limosa de grano fino a medio con algunas gravas redondeadas de tamaño máximo 15". Color marrón grisáceo. Condición de humedad húmeda. Compacidad media. Estratificación: Últimos 5 cm, grava sub-angulosa con matriz arcillosa. Color rojo. Presenta escoriotes.
0.55 - 1.00	-	SPT	2	45	7	10	10	2.75	N.A.	0.55 metros a 1.00 metros - Refiero: Arcilla arenosa de plasticidad alta con grava redondeadas de tamaño máximo 15". Color marrón pardusco. Condición de humedad húmeda. Compacidad dura.
1.05 - 1.50	-	SPT	3	42	9	8	9	4.00	N.A.	1.05 metros a 1.50 metros - Refiero: Arcilla arenosa de plasticidad alta con grava redondeadas de tamaño máximo 15". Color marrón pardusco. Condición de humedad húmeda. Consistencia dura.
1.55 - 2.00	-	SPT	4	36	6	6	7	2.00	N.A.	1.55 metros a 2.00 metros - Refiero: Arcilla arenosa de plasticidad alta con grava redondeadas de tamaño máximo 15". Color marrón pardusco. Condición de humedad húmeda. Consistencia firme.

Los formatos mostrados anteriormente son formatos personales de la empresa, pertenecientes a proyectos de la empresa y donde intervenimos trabajando dentro del laboratorio dando un apoyo al Laboratorista, con base en estos dos documentos el laboratorista inicia la ejecución de los ensayos

6.1 Cuarteo

El inicio de la ejecución de los ensayos se da con el cuarteo de la muestra para lograr obtener una cantidad representativa de material para cada ensayo solicitado por el cliente, luego se procede a tratar la muestra para realizar los ensayos.

Figura 12:Fotografía de muestras llegando a laboratorio. Nota: autor



Figura 13:Fotografía de como llegan a laboratorio las muestras. Nota: autor



Las muestras que llegan al laboratorio llegan en vuelta en papel aluminio y sobre el papel aluminio lleva vinipel para lograr asegurar que se conserve su porcentaje de contenido de humedad y no se altere la muestra en medio de la logística para lograr llegar al laboratorio.

Figura 14:Fotografía del cuarteo de la muestra. Nota: autor



De esta manera se realiza el cuarteo de la muestra, es decir, se divide la cantidad total de material en porciones diferentes según los ensayos solicitados en la orden de laboratorio. Posteriormente, cada una de estas cantidades se separa en recipientes individuales y se procede a ejecutar los respectivos ensayos en cada muestra.

6.2 Lavado por el tamiz No 200

Se procede a lavar el material en un recipiente amplio con el fin de eliminar los desechos y la suciedad presentes en la muestra. Posteriormente, el material se pasa por el tamiz No. 200, reteniendo el material que queda sobre el tamiz. Luego, este material se lleva al horno para su secado y posterior pesaje. Es importante registrar el peso del material antes del lavado y nuevamente después del lavado, una vez que se encuentre completamente seco.

Figura 15: Remojo de la muestra para su lavado. Nota: autor



La muestra destinada al proceso de lavado se deja inicialmente en remojo durante un corto periodo de tiempo. Este procedimiento se realiza con el propósito de ablandar y desprender las partículas finas, así como los residuos de polvo, arcilla o suciedad que puedan estar adheridos al material. De esta manera, el remojo facilita el proceso de lavado posterior y permite que la limpieza de la muestra sea más eficiente.

Una vez transcurrido este tiempo de remojo, se procede a realizar el lavado del material en un recipiente de mayor tamaño, el cual permite manipular la muestra con mayor comodidad y asegurar que el agua circule adecuadamente a través del material. Durante este proceso, se agita y remueve la muestra cuidadosamente con el fin de eliminar los desechos y partículas no deseadas. Este procedimiento se realiza hasta observar que el material se encuentra limpio y libre de impurezas. A continuación, se muestra el recipiente utilizado para llevar a cabo este proceso.

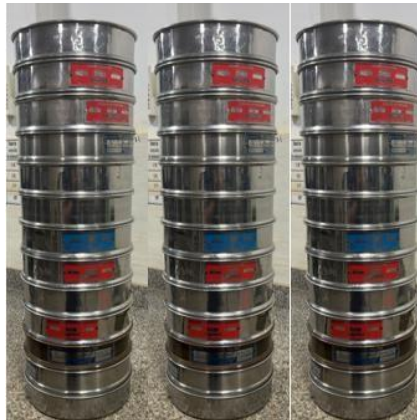
Figura 16:Fotografía de lavado del material. Nota: autor



6.3 Granulometría

La granulometría se lleva a cabo una vez que el material ha quedado completamente seco, y para la misma se tiene como referencia la norma INV-E.123, que brinda las indicaciones de cómo llevarla a cabo, ya que consiste en el hecho de hacer pasar la muestra a través de unos tamices que están dispuestos en orden decreciente según el tamaño de las aberturas de estos; clasificando así las partículas en función de su tamaño y llegando a obtener la distribución granulométrica de dicho material.

Figura 17:Fotografía de tamices. Nota: Autor



El dato que se toma en este ensayo es el peso de las partículas retenidas en cada tamiz hasta llegar al fondo que es el platón que se queda con todo lo que pasa por el ultimo tamiz que es el tamiz No200, con esto se hace el análisis granulométrico para la clasificación de suelos según la norma INV-E 181.

6.4 Humedad natural

Este ensayo se realiza conforme a la normativa INV-E.122, la cual establece el procedimiento para la determinación del contenido de humedad del suelo. Dicho ensayo consiste en tomar una porción de la muestra en su estado natural (recién obtenida en campo), registrar su peso inicial y posteriormente someterla a secado en horno durante un tiempo determinado (normalmente se dejan secando aproximadamente un día completo es decir 24 horas). Una vez finalizado el proceso de secado, se obtiene el peso seco de la muestra, lo que permite calcular el porcentaje de humedad presente en el suelo.

$$\%humedad = \left(\frac{MSHR - MSSR}{MSSR - MR} \right) * 100$$

Donde:

MSHR= Masa del suelo húmedo + masa del recipiente

MSSR= Masa del suelo seco + masa del recipiente

MR = Masa del recipiente

Por medio de esta fórmula podemos calcular un porcentaje de humedad teniendo en cuenta que la masa del recipiente es la masa del recipiente en el que se pesó el material, aunque se podría descartar este dato de masa del recipiente si se tara el recipiente en la balanza a la hora de pesar el material.

6.5 Limite líquido, plástico y índice de plasticidad

Para llevar a cabo el ensayo de límites líquido y plástico, el material debe ser sometido a un proceso de secado previo y posteriormente ser sometido a un proceso de macerado o triturado, con la finalidad de reducir los grumos para obtener una muestra homogénea, luego solamente se selecciona la fracción que pasa el tamiz No. 40 (0,425 mm), tal y como establecen los procedimientos normalizados.

Figura 18:Fotografía de ensayo de límites. Nota: Autor



En el caso del límite líquido, el ensayo se efectúa empleando el dispositivo de Casagrande, consistente primero en moldear el material humedeciéndolo para ubicar la muestra

en la copa, posteriormente practicar la ranura convencional que se emplea en este ensayo, sometiéndola después a un número controlado de golpes hasta que la ranura se cierra, en este instante se ponen muestras para determinar el contenido de humedad, anotando el peso húmedo y seco.

Figura 19:Fotografía de casa grande. Nota: Autor



El límite plástico también se determinará empleando una porción de la misma muestra y, mediante un prensado manual, se dará la forma típica de cilindros o rollitos hasta conseguir un diámetro aproximado de 3 mm, cuando empiece a representar pequeños agrietamientos o desmoronarse se considerará que ha alcanzado el límite plástico. De la misma manera que la anterior se registrará su contenido de humedad mediante el registro de pesos en condiciones de peso seco.

Figura 20:Fotografía de limite plástico. Nota: (Jorge Hernán Flórez Gálvez, 2020)



El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo y representa el rango de contenido de humedad dentro del cual el material presenta un comportamiento plástico. A partir de este parámetro, también es posible determinar la capacidad del suelo para deformarse sin romperse.

Por otro lado, el índice de plasticidad es una variable muy importante en la ingeniería geotécnica, ya que proporciona información fundamental sobre propiedades como cohesión potencial, expansión y estabilidad del suelo y es clave para el análisis del comportamiento del suelo en obras civiles.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP = Índice de plasticidad

LL = Limite liquido

LP = Limite plástico

6.6 Gravedad específica relativa en arcillas y limos

La norma que establece el procedimiento para la determinación de las propiedades físicas del material con un picnómetro es la INV E-128, ya que es muy importante considerar los siguientes valores: el volumen de picnómetro; la temperatura del agua en el ensayo; la masa del picnómetro lleno de agua a dicha temperatura; la masa de los sólidos secos; y la masa del picnómetro que contiene agua y material sólido.

El procedimiento se inicia con la incorporación del material seco dentro del picnómetro, después se añade agua hasta cumplir el volumen necesario. Esta mezcla se deja reposar un cierto

tiempo (prudente en el que se le permita al aire ser liberado y se asegure que las partículas sólidas que van a quedar en el fondo del recipiente están correctamente asentadas) y hay que darle mucha importancia a este paso, ya que, si el aire queda atrapado, la masa se alterará, lo cual no sería correcto.

Una vez conseguido el equilibrio de la muestra, pasamos a llevar a cabo la última lectura, esto es, la correspondiente a la masa del picnómetro con agua y sólidos. Este resultado, junto a los demás datos registrados, permite llevar a cabo los cálculos necesarios para conocer cuáles son las propiedades del material analizado, garantizando así la fiabilidad y validez de los resultados finales del ensayo.

Figura 21:Fotografía de picnómetros. Nota: Autor



En la imagen se observa que, tras haber transcurrido un periodo de 24 horas de reposo, los sólidos se encuentran completamente asentados en el fondo del picnómetro. Este comportamiento evidencia que las partículas han alcanzado una adecuada sedimentación,

permitiendo la eliminación de vacíos o burbujas de aire que pudieran afectar la precisión del ensayo.

6.7 Consolidación unidimensional de los suelos

El presente ensayo consiste en la preparación del material en forma de una muestra tipo “pastilla”, con el fin de ser ensayada en los consolidómetros de laboratorio, para ello, el material se moldea cuidadosamente hasta obtener una geometría circular uniforme que se ajuste a las dimensiones del equipo.

Figura 22:Fotografía de pastilla para corte directo. Nota: Autor



Como se logra apreciar en la imagen anterior es la forma en la que se moldea el material para poder tener la geometría correcta para poder dar inicio al ensayo.

Figura 23: fotografía de consolidómetros. Nota: Autor



En estos consolidómetros se dispone la pastilla del material para consolidar por 10 días durante los primeros 7 días, día tras día se aumenta la carga para lograr apreciar la deformación obtenida durante esos primeros 7 días, luego de ello se empieza a realizar una descarga de manera progresiva, es decir durante los 3 días restante se disminuye diariamente la carga para que la deformación también disminuya.

La lectura para cada carga es de 24 horas, por lo tanto, se debe disponer de buen tiempo y atención para hacer una lectura con poco margen de error, además de tener el cronometro en mano, era necesario tener la mirada en todo momento en los deformímetros.

Al finalizar los 10 días se procede a sacar la muestra y poner al horno para poder encontrar el % de humedad del material de agua para calcular conocer el contenido de agua de este mismo, teniendo en cuenta que durante los 10 días de consolidación siempre permaneció sumergido en agua.

6.8 Corte directo en condición consolidado drenado

Para el ensayo de corte directo se realiza inicialmente el mismo procedimiento que se realiza en el ensayo de consolidación que es la preparación de la muestra a ensayar para moldearla en geometría de pastilla, para poder instalarla en el equipo de laboratorio.

Figura 24:Fotografía equipos de corte directo. Nota: Autor



Para este ensayo en el laboratorio de la empresa se cuenta con estos dos equipos de corte directo, que los diferencia su sistema de toma de datos y resultados, es decir, en el equipo naranjado la toma de datos es manual, toca tomar las 3 horas de consolidación y el tiempo que se tome necesario para realizar el ensayo de corte, mientras la azul guarda los datos automáticamente y al finalizar el ensayo solo es sacarlos y digitalizarlos para enviarlos al geotecnista para que analice sus resultados.

Es importante resaltar que al finalizar el ensayo al igual que el ensayo de consolidación se toma la muestra y se pone a secar para obtener el contenido de agua del material, considerando que durante su ensayo siempre permaneció sumergido en agua.

Figura 25:Fotografía de la pastilla luego del ensayo. Nota: Autor



En la imagen se logra apreciar la forma en la que termina la pastilla de la muestra que se falla, se alcanza a ver que es una carga horizontal que permite hacer un corte y por eso se ve el desplazamiento en la pastilla, es importante resaltar que durante este ensayo inicialmente se toma la consolidación de 3 horas para 3 cargas diferente que siempre van en aumento y que durante la consolidación únicamente se toman los datos de deformación vertical, mientras que durante el corte se toman los datos de carga horizontal y deformación horizontal cada determinado tiempo, lo que implica que es un ensayo de 2 días si se trabaja en ambas máquinas y se necesitan sacar 3 pastillas diferente pero con la misma muestra para lograr consolidar y cortar con diferente cargas como lo establece la norma INV-154-13.

6.9 Compresión incofinada en muestras de suelo

Este ensayo de laboratorio se realiza a través de un equipo de laboratorio llamado como prensa Marshall, y además de ello es necesario un deformímetro, en este ensayo los datos que se recolectan son tiempo y cara axial ejercida a una determinada deformación, esto ensayo se le

practica a una muestra de suelo de forma cilíndrica con una celda de carga únicamente para esto que se le instala a la prensa Marshall.

En resumen, este ensayo consiste en determinar la resistencia a la compresión simple de un suelo cohesivo, es decir, la capacidad que tiene el material para soportar una carga axial sin ningún tipo de confinamiento lateral.

Como la muestra durante el ensayo no cuenta con un soporte lateral puede expandirse hacia los lados por esa razón se llama compresión incofinada.

Figura 26:Fotografía equipo de Marshall y cronometro. Nota: Autor



En esta pantalla es donde se aprecia el valor de deformación y carga aplicada arrojadas durante el ensayo, por esta razón es importante estar muy atento al deformímetro y a la vez a la pantalla del cronometro y del equipo de Marshall para lograr tomar los datos con mayor precisión.

Figura 27:Fotografía al terminar el ensayo de compresión incofinada. Nota: Autor



Finalmente se debe tomar un registro fotográfico donde se aprecie el cronometro y la muestra que se falló para poder agregar esta evidencia al informe de análisis de resultados que realiza el geotecnista.

7. Trabajo de laboratorio (control de calidad de materiales)

En este capítulo se tocará el tema en especial de ensayos relacionados con control de calidad de materiales como lo son los ensayos de rotura de cilindros y adicionalmente la estabilización de materiales con cal.

7.1 Control de calidad de concreto (rotura de cilindros)

Cuando se habla de control de calidad del concreto, se hace referencia al seguimiento y verificación de su resistencia a la compresión mediante el ensayo de muestras tomadas durante el proceso constructivo. Estas muestras son moldeadas en especímenes cilíndricos y posteriormente trasladadas al laboratorio para su curado y ensayo.

Se trata de llevar un orden en los ensayos donde se logre verificar el cumplimiento de la normativa vigente para asegurar que el concreto que se está utilizando en los proyectos que pertenecen estén cumpliendo con las especificaciones establecidas por la norma (NTC 673) que trata sobre la resistencia a la compresión de muestras de concreto.

Donde básicamente el procedimiento consiste en someter los cilindros de concreto a una carga axial de compresión en una prensa hidráulica, con el fin de determinar la resistencia máxima que el material es capaz de soportar antes de fallar. A partir de la carga aplicada y el área transversal del espécimen, se calcula la resistencia a compresión del concreto, lo que permite evaluar si cumple con la resistencia de diseño especificada en el proyecto.

Figura 28: Fotografía de cilindros fallados. Nota: Autor



El adecuado control de calidad de los cilindros de concreto se desarrolla en varias fases, que son:

Preparación del concreto y moldeado

El concreto recién elaborado se coloca en moldes cilíndricos normalizados, aplicándolo en capas y compactándolo adecuadamente mediante varillado o vibración, con el fin de eliminar vacíos y asegurar una correcta densificación del material. Posteriormente, las muestras se dejan en reposo durante un tiempo determinado para su fraguado inicial, etapa conocida como tiempo de fraguado, antes de iniciar el proceso de curado bajo condiciones controladas.

Curado

Fase en la que los cilindros ya moldeados se encuentran en proceso de secado o curado que puede en cualquier momento incluir inmersiones en agua o curado en condiciones controladas de humedad para asegurar el desarrollo adecuado de las características de curado.

Ensayo de compresión

El cilindro debe cumplir una edad de ensayo, es decir deben pasar unos días para poder llevar el cilindro a fallar a compresión, estos días están en función si el concreto es acelerado o no, si es acelerado se deben especificar los días de aceleramiento del aditivo o si no

normalmente se somete a fallar a compresión el cilindro a los 7,14 y 28 días, en dicho ensayo la idea es llevar el cilindro a que falle con una fuerza necesaria para romper la muestra.

El seguimiento de cada uno de estos ensayos es importante para lograr un buen control de calidad de estos cilindros de concreto, es importante aclarar que los cilindros fallados en el laboratorio son cilindros que nos suministra el cliente junto con su relación, que es un documento donde se aprecia a que tipo de estructura hace referencia, fecha de fundida, días de curado y la resistencia con la que fue diseñado ese concreto.

7.2 Estabilización de materiales con cal

Inicialmente se empieza realizando granulometría a el material que se le va a realizar la estabilización, para lograr tener una caracterización de este material precisa, en el caso del material que ingreso a la empresa para realizar este ensayo, es un material tipo recebo extraído de una mina con el propósito de darle uso en relleno, esta estabilización se realizo con el fin de que el material llegara a su humedad optima, lo que hace referencia a la cantidad de agua necesaria para alcanzar la máxima densidad seca durante el proceso de compactación.

Normalmente para encontrar esa humedad optima se realiza por medio del ensayo de Proctor modificado.

Figura 29:Fotografía granulometría material a estabilizar Nota: Autor



Luego de realizarle granulometría a el ensayo se le desarrolla el ensayo de peso unitario suelto a el material, para determinar la cantidad de masa necesaria que se va a emplear en la estabilización del suelo con cal.

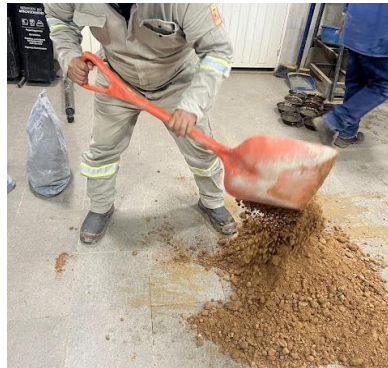
Para este caso se realizó la estabilización con 4 tipos de cal diferente para lograr determinar con cual cal actuaba más rápido y la cantidad necesaria que se debería aplicar para lograr llegar a la humedad optima.

Figura 30:Fotografía de cal utilizada. Nota: Autor



En este caso se trabajo con cal viva molida, cal hidratada, cal agrícola, cal viva piedra, todas las cal trabajadas provienen de la misma fuente que en este caso es la fuente Calera Santander.

Figura 31:Fotografía de mezclado de cal con el material. Nota: Autor



Se debe realizar un mezclado muy bien de la cal con el material para luego sacar una proporción determinada cada porción tiene diferente porcentaje de cal, que con estos ensayos se realiza para verificar que porcentaje de cal para un metro cuadrado de recebo es necesario para encontrar esa humedad óptima.

Cabe resaltar que este ensayo lo realizó el laboratorista Jorge Peña de la ciudad de Barrancabermeja con nuestro apoyo y con la revisión del ingeniero de la empresa para obtener unos resultados precisos ya que este ensayo es un ensayo en laboratorio, pero la estabilización realmente se trabajó en campo debido a que era una magnitud muy grande de material que se debía estabilizar para lograr ese relleno y así poder tener una buena compactación con la humedad óptima del material.

8. Trabajo de campo

Para la ejecución de las actividades en campo se debe cumplir con todos lo EPP (equipos de protección personal) teniendo en cuenta que es dentro de instalaciones de Ecopetrol, por ende, se debe cumplir con el reglamento interno.

En campo es necesario conocer alguna normativa como lo son las siguientes:

Tabla 3: Normativa para procedimiento en campo.

PROCEDIMIENTO	NORMA
Descripción e identificación de los suelos (Procedimiento visual y manual)	INVIAS E-102
Obtención de muestras de suelo mediante tubos de pared delgada	INVIAS E-105
Ensayo normal de penetración (SPT) y muestreo de suelos con tubo partido	INVIAS E-111

Durante el tiempo que estuve en campo mi función era hacer los perfiles de campo de los sondeos, donde básicamente debo identificar mediante el contacto visual y manual que tipo de suelo es, es decir hacerle una descripción del tipo de suelo que se obtuvo en cada muestra y de igual manera incluir el método de perforación y profundidad de cada muestra. Luego de eso realizar el registro fotográfico y poner los rótulos a las muestras y empacarlas de la manera correcta para conservar sus propiedades como lo es la humedad mientras llega a laboratorio.

Figura 32: Fotografía de registro fotográfico de campo. Nota: Autor



La imagen anterior representa un registro fotográfico de una muestra de un sondeo, es una actividad que se debe realizar al extraer cada muestra.

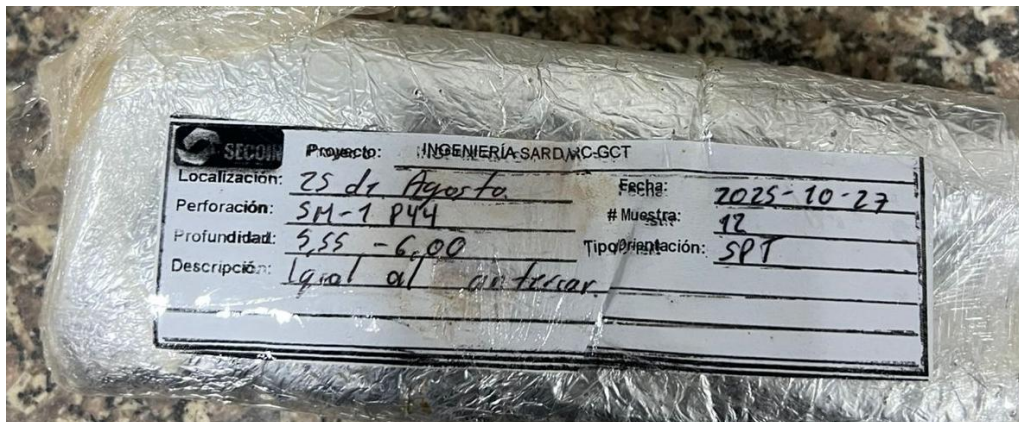
Al iniciar los sondeos normalmente se realiza la primera muestra con perforación tipo apique es decir con perforación manual, este procedimiento permite acceder a los estratos superficiales del suelo de manera directa, facilitando la observación inicial de sus características físicas y la recolección de muestras representativas para su posterior análisis en laboratorio.

Figura 33:Fotografía de registro fotográfico de campo. Nota: Autor



Las muestras se deben envolver en papel aluminio y vinipel para conservar sus propiedades mientras llega a laboratorio, para ello se dejan de la siguiente manera con su respectiva marcación en un rotulo donde se describe a que tipo de muestra hace referencia.

Figura 34:Fotografía de preparación de muestra para su transporte. Nota: Autor



Claramente además de estar a cargo del personal que trabajan en esa cuadrilla que son 2 obreros y 1 perforador, la idea es avanzar lo más rápido ya que son perforaciones con máquinas, la única perforación manual es la inicial para la muestra #1.

Figura 35:Fotografía de perforación. Nota: Autor



9. Cumplimiento de metodología

Durante los cuatro meses de vinculación a la empresa SECOIN, se realizó un aporte significativo en actividades de digitación y análisis de resultados de ensayos de laboratorio, además de participar en las demás tareas que se describen a continuación, contribuyendo así al cumplimiento del 100% de la práctica empresarial.

Es importante destacar que la digitación de los resultados no se efectuaba de manera inmediata durante la ejecución de los ensayos, sino en un proceso posterior, lo que implicó organización, revisión y análisis detallado de la información para garantizar su correcta consolidación.

Tabla 4: Actividades desarrolladas para el cumplimiento de los objetivos y metodología.

OBJETIVO	ACTIVIDADES
<p>Participar en actividades de exploración geotécnica directa e indirecta como insumo para los estudios geotécnicos a realizar en la empresa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ensayos de laboratorio (toma de datos de ensayos de consolidación, compresión incofinada, corte directo, ❖ granulometría, humedad, límites y resistencia de concretos) ❖ Digitación de datos de resistencia de concreto ❖ Visita a obra de colectores Barrancabermeja ❖ Digitación de densidades en campo (método cono y arena)
<p>Realizar ensayos de esfuerzo-deformación para la evaluación del comportamiento mecánico de suelos y rocas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ensayo de resistencia de cilindros de concreto a compresión. ❖ Ensayo de compresión incofinada. ❖ Ensayo de corte directo. ❖ Ensayo máquina de los ángeles.

Analizar resultados de ensayos de caracterización de materiales de suelos y rocas.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ensayo de granulometría y límites. ❖ Ensayo de Contenido de Materia Orgánica. ❖ Digitación de resultado de ensayos según la norma INVIAS 2022. ❖ Análisis de la Escombrera de refinería Barrancabermeja.
Elaborar informes de exploración geotécnica conforme a los lineamientos técnicos y normativos.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Digitación de resultado de ensayos según la norma INVIAS 2022. ❖ Análisis de la Escombrera de refinería Barrancabermeja. ❖ Digitación de tablas soportes de Materia orgánica y contenido de hidrocarburos. ❖ Análisis de resultados de la escombrera y ensayos.

La metodología se refiere al conjunto de procedimientos y actividades que se llevan a cabo para cumplir con los objetivos específicos que se han planteado, al lograr estos objetivos, se avanza hacia el objetivo general del proyecto. Esta metodología se organizó en fases, tal como se mencionó al principio, comenzando con la realización de ensayos de laboratorio y complementándose con diversas actividades tanto en el campo como en el laboratorio durante los cuatro meses de práctica.

A través del cuadro que se presenta, se puede ver de manera clara y ordenada las principales actividades que se llevaron a cabo, las cuales jugaron un papel clave en el cumplimiento de los objetivos propuestos y, por ende, en el éxito del desarrollo de la práctica empresarial.

10. Conclusiones

Como resultado de la experiencia adquirida en la empresa SECOIN S.A.S., se logró una participación en la ejecución y apoyo de estudios geotécnicos. Estos estudios se enfocaron en la exploración directa e indirecta del subsuelo, principalmente en proyectos del sector petrolero. Durante este proceso, se adquirieron y reforzaron conocimientos sobre la caracterización de suelos en locaciones industriales, campos de producción y refinerías. Se entendió la importancia de estos estudios en el desarrollo de proyectos de ingeniería.

Los objetivos planteados al inicio de la práctica se pudieron completar de manera exitosa de acuerdo con las actividades realizadas día a día en la empresa se pudieron ir completando en su totalidad como lo muestra la tabla 4.

A partir de las actividades realizadas, pudimos entender y analizar la capacidad portante del terreno y cómo se comporta geomecánicamente ante diferentes tipos de cargas, tanto estáticas como dinámicas. Estos aspectos son clave para diseñar cimentaciones que puedan soportar estructuras como maquinaria, tanques de almacenamiento, sistemas de tuberías y otra infraestructura industrial, asegurando así condiciones óptimas de estabilidad, seguridad y rendimiento estructural.

Además, esta práctica ayudó a mejorar las habilidades técnicas en la interpretación de resultados de ensayos tanto de laboratorio como de campo. También se enfocó en la creación de informes geotécnicos, proporcionando criterios de análisis que son clave para la toma de decisiones en proyectos que requieren altos estándares.

Es fundamental destacar que este proceso de formación contó con la valiosa orientación del ingeniero Luis Deivis Rincón Triana, un experto en Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Su vasta experiencia en el sector de oil & gas fue crucial para el desarrollo de habilidades técnicas y profesionales. Gracias a su apoyo, se logró establecer una base sólida en el análisis geotécnico

aplicado a la infraestructura petrolera, lo que amplió considerablemente la comprensión de los procedimientos, metodologías y criterios que se emplean en este tipo de estudios.

En cuanto a los proyectos se realizaron con éxito y se tuvieron los resultados esperados por parte de la empresa que era tener éxito en las perforaciones y el cliente tener los resultados de los sondeos, los cuales evidenciaban un perfil estratigráfico conformado de diferentes materiales que varían conforme con la profundidad.

La exploración geotécnica desarrollada para los proyectos incluyó investigación directa mediante sondeos con ensayo de penetración estándar (SPT), apiques manuales y muestreo de suelos, así como exploración indirecta a través de ensayos geofísicos de refracción sísmica y MASW, permitiendo una caracterización integral del subsuelo (cabe resaltar que los ensayos de refracción sísmica los realizó un experto en el tema).

Los ensayos de laboratorio permitieron establecer las propiedades de los suelos, identificándose en la mayoría de los proyectos principalmente arcillas y limos de plasticidad baja a media, así como arenas finas a medias con contenido variable de finos, clasificados de acuerdo con el sistema USCS.

En general, los resultados de los estudios geotécnicos realizados para los proyectos permitieron concluir que el subsuelo de las áreas estudiadas presenta condiciones geotécnicas adecuadas para el desarrollo de los proyectos siempre y cuando el diseño considere la variabilidad lateral identificada y se adopten criterios diferenciales según cada sector evaluado.

La información recopilada en cada uno de los proyectos realizados durante la práctica empresarial se convierte en un recurso confiable, relevante y suficiente para avanzar en las etapas posteriores de ingeniería básica y de detalle. Además, estos resultados son fundamentales para llevar a cabo el diseño geotécnico de las estructuras y obras planificadas, ya que permiten

establecer criterios técnicos adecuados que aseguren la estabilidad, seguridad y el correcto funcionamiento de las soluciones propuestas, teniendo en cuenta las condiciones del terreno.

Durante mi experiencia en la práctica empresarial, en el contexto de mi formación profesional, he tenido la oportunidad de aprender de manera significativa tanto en el aspecto técnico como en el profesional. Esto ha fortalecido mi sentido de responsabilidad en cada tarea que se me ha asignado. Este proceso me ha ayudado a entender lo crucial que es el compromiso, la disciplina y la rigurosidad que se requieren en el entorno laboral, especialmente en el área de laboratorio de control de calidad.

A lo largo de esos 4 meses, estuve involucrado activamente en la realización de varios ensayos de laboratorio, como consolidación, compresión incofinada, corte directo, análisis granulométrico, límites de consistencia, resistencia de concretos y determinación de densidades en campo. En cada uno de estos ensayos, he podido comprender el procedimiento, la técnica adecuada para llevarlos a cabo y la correcta aplicación de las normativas vigentes, como INV E-151-13, INV E-152-13, NTC 454, entre otras. He reconocido la importancia de estas normativas para asegurar la confiabilidad de los resultados y el análisis adecuado del comportamiento de los materiales.

De igual manera mejorar mis habilidades en digitación, organización y análisis de resultados de laboratorio, siguiendo las pautas de la normativa INVIAS 2022. Esto me permitió llevar un control eficiente de los ensayos realizado, contribuyendo al orden, la trazabilidad y la calidad de la información generada, en este sentido, el uso de las herramientas informáticas, especialmente Excel, ha sido fundamental, facilitando la digitalización de los procesos y optimizando la gestión de datos dentro del laboratorio.

Además, estuve involucrado en el análisis de materiales de la escombrera de la refinería de Barrancabermeja y en la creación de tablas resumen que hacen más fácil la interpretación de los resultados en los informes geotécnicos, esta participación en este análisis se debe a la colaboración con el tutor para la organización del informe geotécnico con respecto a la norma. Estas actividades han fortalecido mi capacidad de análisis y han mejorado mi comprensión de la aplicación práctica de los estudios realizados tanto en campo como en laboratorio.

Durante la práctica, no encontré dificultades significativas en el desarrollo de las actividades asignadas, lo que me permitió cumplir con cada una de mis responsabilidades de manera oportuna y eficiente, siempre bajo la supervisión del tutor. El apoyo constante del personal de laboratorio y de los profesionales a cargo fue clave para reforzar los conocimientos que adquirí en la universidad y mejorar mis habilidades prácticas.

Al final, la experiencia que gane me dio más confianza en mis capacidades, lo que me permitió desempeñar mis funciones de manera responsable, proactiva y con un buen criterio técnico. Siempre estuve dispuesto a resolver dudas y a consultar en caso de cualquier situación inusual, asegurando así la calidad de los resultados que se obtenían. De esta forma, contribuí positivamente al desarrollo de las actividades de la empresa y a mi crecimiento profesional.

En términos generales, la práctica empresarial ha permitido lograr un desempeño muy satisfactorio, aportando valiosos beneficios a la empresa y estableciendo bases sólidas para el desarrollo profesional. Se recomienda seguir en esta línea de trabajo para potenciar tanto el aprendizaje como la experiencia adquirida.

11. Recomendaciones

En este sentido, lo más recomendado es continuar en esta misma línea de trabajo, manteniendo el compromiso, la disposición al aprendizaje y la mejora continua, con el fin de seguir potenciando las habilidades adquiridas y aprovechar al máximo la experiencia profesional, proyectándola hacia futuros retos dentro del ámbito laboral y personal.

Cuando se trata del trabajo de laboratorio, es crucial recordar que los equipos que vamos a usar deben estar bien calibrados y en perfectas condiciones de funcionamiento. Esto ayuda a reducir posibles errores al recopilar datos y asegura que los resultados sean más confiables. Además, una calibración adecuada mejora la precisión y exactitud de las mediciones, lo que es fundamental para obtener información de calidad que respalde de manera efectiva los análisis y conclusiones del estudio.

Para llevar a cabo trabajos, ya sea en el campo o en el laboratorio, es fundamental utilizar correctamente los elementos de protección personal (EPP). Esto no solo ayuda a prevenir accidentes, sino que también protege la integridad de los trabajadores mientras realizan sus tareas.

Asimismo, es aconsejable hacer una revisión minuciosa de las normas y procedimientos de los ensayos antes de comenzar. Tener un conocimiento previo permite ejecutar los procesos de manera adecuada y facilita la supervisión y el control de calidad. Además, esto ayuda a detectar a tiempo posibles errores o prácticas inadecuadas durante la realización de los ensayos, asegurando así resultados más confiables y alineados con los estándares establecidos.

Referencias bibliográficas

00.sección 100 Suelos—Lista de Normas—1 | PDF | Suelo | Ciencias de la Tierra. (s. f.). Scribd.

Recuperado 13 de febrero de 2026, de <https://es.scribd.com/document/363328849/00-Seccion-100-Suelos-lista-de-Normas-1>

ASTM International | ASTM. (s. f.). Recuperado 27 de febrero de 2026, de <https://www.astm.org/>

Código Colombiano de Puentes CCP-14 | PDF | Puente | Sectores Economicos. (s. f.). Scribd.

Recuperado 27 de febrero de 2026, de <https://es.scribd.com/document/457054530/CCP-14-pdf>

Google Maps. (s. f.). Google Maps. Recuperado 13 de febrero de 2026, de

[https://www.google.com/maps/place/SERVICIOS+DE+INGENIER%C3%8DA+Y+CONSULTOR%C3%8DA+SECOIN+SAS/@7.0725793,-](https://www.google.com/maps/place/SERVICIOS+DE+INGENIER%C3%8DA+Y+CONSULTOR%C3%8DA+SECOIN+SAS/@7.0725793,-73.8490294,188m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x8e42eb4454f27e0b:0xb20b53671543036b!8m2!3d7.0725793!4d-73.848612!16s%2Fg%2F11gxp5z4t0!5m1!1e2?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI2MDIxMC4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D)

[\[73.848612!16s%2Fg%2F11gxp5z4t0!5m1!1e2?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI2MDIxMC4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D\]\(https://www.google.com/maps/place/SERVICIOS+DE+INGENIER%C3%8DA+Y+CONSULTOR%C3%8DA+SECOIN+SAS/@7.0725793,-73.8490294,188m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x8e42eb4454f27e0b:0xb20b53671543036b!8m2!3d7.0725793!4d-73.848612!16s%2Fg%2F11gxp5z4t0!5m1!1e2?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI2MDIxMC4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D\)](https://www.google.com/maps/place/SERVICIOS+DE+INGENIER%C3%8DA+Y+CONSULTOR%C3%8DA+SECOIN+SAS/@7.0725793,-73.8490294,188m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x8e42eb4454f27e0b:0xb20b53671543036b!8m2!3d7.0725793!4d-</p></div><div data-bbox=)

Invias, S. (s. f.). *Portal Invias—Colombia.* SedeElectronica Invias. Recuperado 27 de febrero de 2026, de

<https://www.invias.gov.co>

Jorge Hernán Flórez Gálvez. (2020, septiembre 25). *5—Determinación del Límite Plástico* [Video

recording]. https://www.youtube.com/watch?v=PUcKwG_-5Ok

Mejía, I. B., Munar, M. Á. C., Latorre, M. E. C., Ávila, Z. L., Pérez, J. A. L., & Urieta, C. O. (s. f.).

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO.

Normativas y certificaciones de calidad con Icontec | ICONTEC. (s. f.). Recuperado 27 de febrero de

2026, de <https://www.icontec.org/>

NSR-10. (2024). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=NSR-10&oldid=157534994>

¿Qué es la ASTM? (s. f.). Recuperado 13 de febrero de 2026, de <https://la.astm.org/es/about/>

Titulo-H-NSR-10-Decreto Final-2010-01-14.pdf. (s. f.). Recuperado 16 de octubre de 2025, de <https://www.scg.org.co/Titulo-H-NSR-10-Decreto%20Final-2010-01-14.pdf>

Web, A. (2023, octubre 9). *Normas ntc en la construcción en Colombia | ULTRACEM*.

<https://ultracem.co/normas-ntc-en-la-construccion-en-colombia-garantia-de-calidad-y-seguridad/>