

PASANTÍA TÉCNICA EN GEOTECNIA, EN LA EMPRESA INGETEST IE SAS DE
LA CIUDAD DE SOGAMOSO

DANIELA HERNÁNDEZ SALAMANCA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA
2021

PASANTÍA TÉCNICA EN GEOTECNIA, EN LA EMPRESA INGETEST IE SAS DE
LA CIUDAD DE SOGAMOSO

DANIELA HERNÁNDEZ SALAMANCA

Informe técnico de pasantía empresarial, para optar por el título de Ingeniero Civil

Director: Ing. Miguel Ángel Toledo Castellanos

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA
2021

AGRADECIMIENTOS

La dignidad humana y la ética profesional, solo se logran con la deidad divina de Dios.

A mi madre, por el generoso apoyo para lograr la meta académica.

A la Universidad Santo Tomás, que aporta el enfoque integral a lo largo del período académico formativo.

A los docentes como formadores del conocimiento integral para el futuro desarrollo profesional, como el Ingeniero Miguel Ángel Toledo Castellanos.

A la empresa INGETEST IE S.A.S, que desarrolla en la región la prestación de servicios de ingeniería.

DEDICATORIA

Espiritualmente, consigo cada día a la paz, el amor y las oportunidades que Dios todopoderoso me ha dado en la vida.

A mi madre, por la dedicación irrestricta hacia mi proceso de formación humano y profesional.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Tunja, 14 de junio de 2021

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	11
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
1. OBJETIVOS	17
1.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	18
2.1 LOCALIZACIÓN Y CONTACTO	18
2.2 DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA DE SOGAMOSO.....	18
3. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS	20
3.1 METODOLOGÍA DE LA PASANTÍA	20
3.2 ACTIVIDADES EN EL CAMPO DE LAS CIMENTACIONES	22
3.2.1 Estudio geotécnico de suelos para la construcción de una subestación eléctrica de 115kV/34,5 en el corregimiento de Toquilla Municipio de Aquitania, Boyacá.....	22
3.2.2 Estudio geotécnico de suelos para la construcción de una subestación eléctrica de 115 kv en la planta de Holcim, municipio de Nobsa, Boyacá	32
3.2.3 Estudio geotécnico de suelos para la construcción de una subestación eléctrica de 115 kv en la planta Sidenal, Sogamoso, Boyacá.....	34
3.2.4 Ensayo de densidad in-situ por el método de cono y arena, para el proyecto construcción institución educativa el crucero	37
3.2.5 CBR para diseño de mezcla con agregados.....	40
3.3 ACTIVIDADES EN EL CAMPO DE COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL ...	42
3.3.1 Determinación de resistencia a la compresión de especímenes de cilindros de concreto.	42
3.4 ACTIVIDADES EN EL CAMPO DE FORMATOS CHECK-IN	44
4. APORTES DEL TRABAJO.....	45
4.1 APORTES COGNITIVOS	45
4.1.1 Campo de las cimentaciones	45
4.1.2 Campo de comportamiento estructural	49
4.1.3 Campo de formatos check-in	49
4.1.3.1 Actividades realizadas	50
4.2 APORTES A LA COMUNIDAD	50
4.2.1 Campo de las cimentaciones	51
4.2.2 Campo de comportamiento estructural	51
4.2.3 Campo de formatos check-in	52
5. IMPACTO DE LA PASANTÍA.....	53
5.1 CAMPO DE LAS CIMENTACIONES.....	53
5.1.1 Exploración del subsuelo	53
5.1.2 Ensayos de laboratorio	54

5.2 CAMPO DE COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	55
5.3 CAMPO DE FORMATOS CHECK-IN.....	56
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
ANEXOS	60

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. ETAPAS DEL PLAN DE TRABAJO DE LA PASANTÍA.	21
TABLA 2. UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN Y PROFUNDIDAD DE SONDEOS.	23
TABLA 3. CARTA DE CASAGRANDE PARA SUELOS COHESIVOS.....	26
TABLA 4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS GRANULARES.	26
TABLA 5. NORMAS PARA EXPLORACIÓN Y ENSAYOS DE LABORATORIO.	29
TABLA 6. NORMAS PARA ENSAYO IN SITU	40
TABLA 7. NORMAS PARA DISEÑO.....	42
TABLA 8. RESISTENCIA ESPECIFICADA.	42
TABLA 9. FORMATOS CHECK-IN.....	44

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN EMPRESA INGETEST IE SAS.....	18
FIGURA 2. LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE SOGAMOSO.	19
FIGURA 3. CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE TRABAJO DE PASANTÍA, EN PORCENTAJE Y TIEMPO.	22
FIGURA 4. EQUIPO DE PERFORACIÓN.	23
FIGURA 5. LOCALIZACIÓN DE SONDEOS.	24
FIGURA 6. EJECUCIÓN ENSAYO DE LABORATORIO Y HUMEDAD NATURAL.	30
FIGURA 7. EJECUCIÓN ENSAYO GRANULOMETRÍA.	30
FIGURA 8. EJECUCIÓN ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG.....	31
FIGURA 9. EJECUCIÓN ENSAYO CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL.	31
FIGURA 10. EJECUCIÓN ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA.	32
FIGURA 11. EJECUCIÓN ENSAYO CORTE DIRECTO.....	32
FIGURA 12. EXPLORACIÓN IN SITU.	33
FIGURA 13. DISTRIBUCIÓN SONDEOS, PLANTA HOLCIM NOBSA, BOYACÁ.....	34
FIGURA 14. EXPLORACIÓN IN SITU.	35
FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN DE SONDEOS - PLANTA SIDENAL. SOGAMOSO.....	36
FIGURA 16. EJECUCIÓN DE ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA.	37
FIGURA 17. DENSIDAD DEL SUELO EN TERRENO (IN SITU).....	38
FIGURA 18. RECOLECCIÓN DE MATERIAL PARA ENSAYO.	41
FIGURA 19. EJECUCIÓN ENSAYO CBR.	41
FIGURA 20. ENSAYO DE COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.	43

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A. Registros fotográficos.
- ANEXO B. Bitácoras.
- ANEXO C. Perfil estratigráfico y geotécnico generales.
- ANEXO D. Resultados ensayos realizados.
- ANEXO E. Formatos plan de gestión de calidad.
- ANEXO F. Procedimientos sistema de gestión de calidad.
- ANEXO G. Convenio.
- ANEXO H. Actas de reunión.

GLOSARIO

ARCILLA: Parte del suelo con partículas de tamaño inferior a 0,002 mm.

ARENA: Partículas de roca que pasan el tamiz de 4.75mm (No. 4) y quedan retenidas en el tamiz de 75 μ m (No 200).

ASENTAMIENTO: Hundimiento gradual de una estructura.

CIMENTACIÓN: Conjunto de elementos estructurales destinados a transmitir cargas de una estructura al suelo.

CLASIFICACIÓN U.S.C.S: La organización Unified Soil Classification System (U.S.C.S), clasifica los suelos como cohesivos (que tienen cohesión-limos, arcillas-combinaciones de estos) y no cohesivos (granulares-arenas, gravas-combinaciones de esto).

COHESIÓN: Adhesión entre partículas por la presencia de agua.

CONCRETO: Mezcla de diversos elementos utilizada en la construcción. La adecuada dosificación es indispensable para poder preparar un concreto con las normas de calidad requeridas.

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL: Determina los asentamientos totales de una obra dada y prever la evaluación de los asentamientos con el tiempo.

DENSIDAD VOLUMÉTRICA: Relación masa-volumen de una probeta de suelo.

ENSAYOS DE LABORATORIO: Herramienta fundamental para determinar las propiedades del suelo o roca.

EQUIPOS DE LABORATORIO: Aparatos diseñados especialmente para hacer investigaciones, análisis de calidad y llevar el control de procesos diversos.

ESFUERZO UNIAXIAL: Cantidad de carga que recibe una probeta de suelo con respecto al área, para deformarse, tanto verticalmente como lateralmente hasta la falla o rotura.

EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO: Determina la existencia de materiales cohesivos o no cohesivos, o el análisis geomecánico del macizo rocoso, en caso de la existencia de rocas.

GEOTECNIA: Rama ingenieril de la geología o ingeniería civil, la cual se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes del medio geológico, aplicadas a las obras de

Ingeniería Civil.

GRANULOMETRÍA: Permite hacer la distribución de los tamaños que conforman el suelo.

GRAVA: Partículas de roca que pasan el tamiz de 75mm (3") de abertura y quedan retenidas en el tamiz de 4.75 (No. 4).

HUMEDAD: Es la relación entre el peso del agua y el peso del suelo seco.

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: Diferencia entre límite líquido y plástico de un suelo.

LÍMITE LÍQUIDO: Contenido de humedad a partir de la cual el suelo se comporta como un líquido viscoso.

LÍMITE PLÁSTICO: Contenido de humedad por debajo de la cual el suelo se comporta como un sólido.

LIMO: Partículas del suelo cuyo diámetro medio está entre los 0,06 mm y 0,002 mm.

LITOLOGÍA: Corresponde a la simbología del tipo de suelo de acuerdo a la clasificación U.S.C.S.

LONGITUD: Describe el intervalo profundizado.

MUESTRA DE CAMPO: Muestra que se toma in situ para ser llevada a posteriores análisis (laboratorio).

MUESTRA INALTERADA: Muestra de suelo cuya estructura no ha sido modificada por manipulación durante el proceso de muestreo y transporte al laboratorio.

NIVEL FREÁTICO O NAPA FREÁTICA: Señala la profundidad en donde aparece una tabla de agua (Estrato muy delgado productor de agua o tabla de agua colgada), que no necesariamente pertenece a la napa freática del perfil explorado (Espesor del estrato saturado).

PERFIL ESTRATIGRÁFICO: Permite identificar diferentes estratos de suelo con sus respectivos cambios de acuerdo a la profundidad evidenciados en la perforación realizada.

PROFUNDIDAD: Indica los metros realizados del sondeo.

RECONOCIMIENTO: Inspección visual del sitio a explorar.

RIESGO GEOTÉCNICO: Se presenta a corto, mediano y largo plazo, en el proceso constructivo de una obra.

SPT (No Golpes): Corresponde al número de golpes de hincado de la cuchara partida o split spoon, medidos a lo largo de 30 cm de la capa de suelo.

SUELO: Material poroso constituido de partículas minerales de distinta naturaleza y tamaño.

TESTIGO: Porción de una muestra sobre la cual se ha ejecutado un ensayo y que se conserva en el laboratorio con el objeto de repetir dicho ensayo, si se considera necesario.

RESUMEN

La presente pasantía encuentra tres escenarios en los cuales se hace un aporte cognoscitivo y direccional. En primer lugar, se ejecutan actividades en geotecnia de suelos con alcance únicamente a las condiciones exploratorias y a la realización de ensayos de laboratorio (consistencia, granulometría, humedad natural, densidades de campo, consolidación unidimensional, resistencia uniaxial, gravedad específica por picnometría), cuyos resultados obtenidos se amparan en parámetros técnicos plasmados en formatos que posteriormente son entregados al Ingeniero Geotecnista que evalúa el tipo de cimentación y el nivel de desplante, más las demás condiciones de contenido de las memorias a las cuales se debe llegar de manera concluyente en un estudio geotécnico de suelos para cimentaciones.

En segundo lugar, la ingeniería de materiales de construcción hace referencia a la resistencia que debe tener un concreto, fundamentado en el tiempo de fraguado a 7,14 y 28 días. Se presentan resultados para 470 cilindros, en donde se caracteriza el valor de resistencia ante la falla, el tipo de falla y si la resistencia obtenida cumple para el periodo de fraguado.

En tercer lugar, varios de los formatos tanto en Geotecnia de suelos, calidad de materiales para cilindros de concreto y otras actividades de ingeniería que desarrolla la empresa; son mejorados en el sentido de exponer un mayor número de parámetros con una mejor explicación, para el entendimiento más furtivo del cliente.

Finalmente; en el capítulo 4 y 5 se describe, cada uno de los elementos cognoscitivos de las áreas y la manera como estos impactan positiva o negativamente en el ejercicio empresarial INGETEST IE SAS, y lo concerniente a la relación y nivelación de lo académico aportado desde la Universidad hacia el estudiante, y viceversa.

Palabras claves: Geotecnia, laboratorio de suelos, resistencia de concretos, formatos, parámetros.

ABSTRACT

This internship has three scenarios in which a cognitive and directional contribution is made. Firstly, activities in soil geotechnical engineering are carried out with scope only to the exploratory conditions and the performance of laboratory tests (consistency, granulometry, natural moisture, field densities, one-dimensional consolidation, uniaxial strength, specific gravity by pycnometry), the results obtained are supported by technical parameters in formats that are subsequently delivered to the Geotechnical Engineer who evaluates the type of foundation and the level of slump, plus the other conditions contained in the reports that must be conclusively reached in a geotechnical study of soils for foundations.

Secondly, construction materials engineering refers to the resistance that a concrete should have, based on the setting time at 7, 14 and 28 days. Results are presented for 470 cylinders, where the value of resistance to failure, the type of failure and whether the resistance obtained complies with the setting period are characterized.

Thirdly, several of the formats in Geotechnics of soils, quality of materials for concrete cylinders and other engineering activities developed by the company are improved in the sense of exposing a greater number of parameters with a better explanation, for the furthest understanding of the client.

Finally, chapters 4 and 5 describe each one of the cognitive elements of the areas and the way they impact positively or negatively in the business exercise INGETEST IE SAS, and what concerns the relationship and leveling of the academic contributed from the University to the student, and vice versa.

Keywords: Geotechnics, soil laboratory, concrete strength, formats, parameters.

INTRODUCCIÓN

La realización de estudios preliminares en la ejecución de un proyecto de construcción constituye un factor de vital importancia en la definición y conocimiento del terreno. En este sentido, sobresalen los estudios geotécnicos que permiten identificar las características y propiedades geofísicas y mecánicas del subsuelo para el diseño estructural de una cimentación para obra civil. Por lo anterior, se hace pertinente la realización de una serie de ensayos de laboratorio a las diferentes muestras de suelo obtenidas para tales estudios geotécnicos por medio de perforaciones in situ en el marco técnico y legal vigente.

Sumado a lo anterior; los concretos y la calidad de los mismos adquieren un valor fundamental en la vida útil de una estructura, por lo tanto, es necesario conocer la resistencia para la cual fueron diseñados y el tipo de materiales utilizados, ya que de esto depende que una estructura se pueda enfrentar al impacto generado por un sismo o a las posibles condiciones de intemperismo que se puedan desarrollar en la estructura.

Por otra parte, los formatos “check-in”, son la base interpretativa fundamental para el cliente. En este sentido, los formatos deben reunir la información necesaria contemplada en las normas técnicas y legales contemporáneas, junto con las observaciones que el Ingeniero de campo, o el evaluador de Geotecnia requieran hacer.

Por consiguiente; el presente informe describe las actividades realizadas desde tres campos: campo de cimentaciones, campo de comportamiento estructural y campo de formatos “check-in”. Tal descripción contempla los aportes cognoscitivos gestionados de manera bidireccional entre el rol de ingeniero practicante y la puesta en práctica de los conocimientos en ingeniería civil en la empresa INGETEST IE SAS de la ciudad de Sogamoso. Sumado a lo anterior; el informe también expone los impactos generados a través de la pasantía que llevan a realizar un proceso de reflexión para el estudiante pasante en el contexto profesional y de adquisición de conocimientos promovidos desde la universidad.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Llevar a cabo procedimientos acordes al ejercicio de la ingeniería civil en los campos de cimentación, comportamiento estructural, y de formatos check-in en el marco de la pasantía técnica en geotecnia en la empresa INGETEST IE SAS de la ciudad de Sogamoso.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.2.1. Identificar los aportes cognitivos y a la comunidad generados a partir de la pasantía desde los campos de cimentación, comportamiento estructural y de formatos check-in.

1.2.2. Establecer los impactos gestionados en los campos de las cimentaciones, comportamiento estructural y de formatos check-in a partir de la práctica profesional en la pasantía.

1.2.3 Contribuir al ejercicio y mejoramiento de los procedimientos realizados por parte de la empresa INGETEST IE SAS a través del diseño, actualización e implementación de formatos check-in acordes a la normativa establecida.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

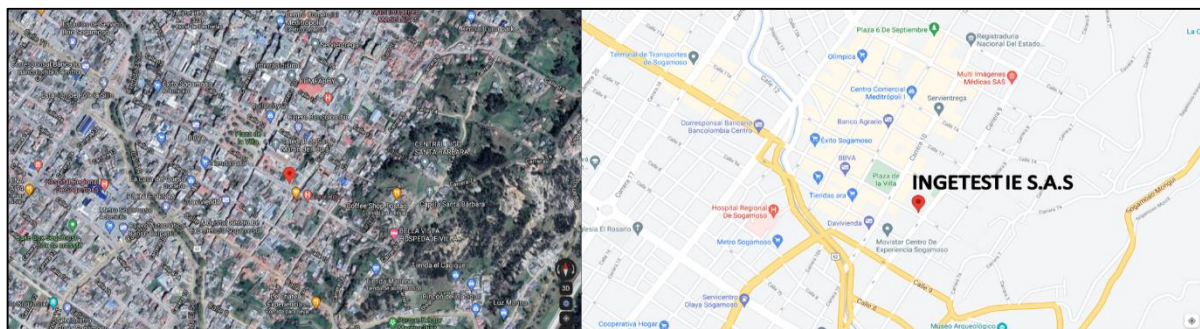
La empresa INGETEST IE SAS es una organización jurídica registrada en la cámara de comercio de Sogamoso cuyo objeto social consiste en la realización de ensayos de laboratorio y servicio de consultoría en gerencia de proyectos de ingeniería. La administración de la empresa se encuentra a cargo del señor Camilo Andrés Serrano Talero, gerente general y quien también actúa como asesor directo en el desarrollo de la pasantía.

2.1 LOCALIZACIÓN Y CONTACTO

La empresa INGETEST IE SAS se encuentra ubicada en el departamento de Boyacá, ciudad de Sogamoso, barrio San Martín, específicamente en la Calle 11 No. 9-26 Edificio Solar (Ver figura 1). Respecto a la información de contacto de la empresa; esta cuenta con los siguientes números, correo electrónico y dirección web:

- **Celular:** 3214387932-3155253663
- **E-mail:** ingetest.ie@gmail.com
- **Web:** <https://directorio-empresas.einforma.co/informacion-empresa/ingetest-ie-sas>

Figura 1. Ubicación empresa INGETEST IE SAS.



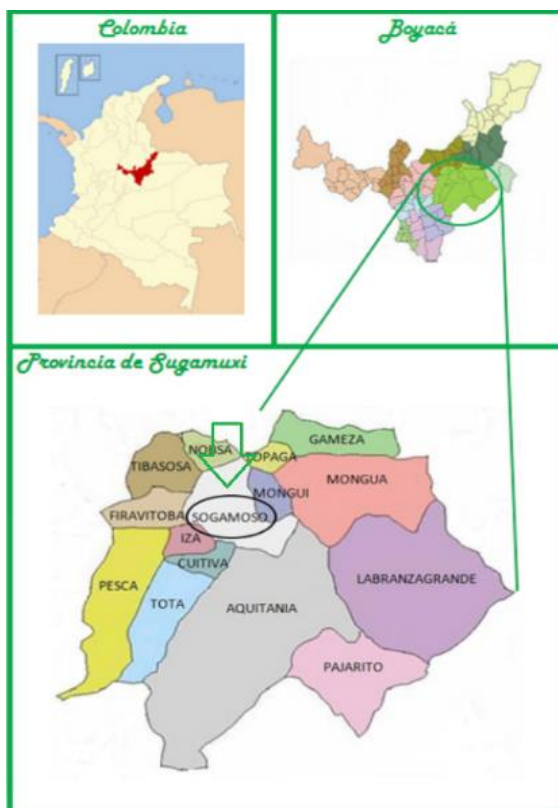
Fuente: Google earth y google maps. Año 2021.

2.2 DESCRIPCIÓN FISIOGRAFICA DE SOGAMOSO

Sogamoso es un municipio que se constituye como entidad territorial integrante del departamento de Boyacá, se encuentra ubicado en el centro oriente del país a una latitud de 5° 42' 57" Norte, y a una longitud de 72° 55' 38" Oeste. La altitud del municipio oscila entre los 2500 y los 4000 m.s.n.m. Encontrándose el punto más bajo en la vereda San José sector San José Porvenir (Cementos Argos) a 2490 m.s.n.m. y el punto más alto en el pico Barro Amarillo en la vereda Mortiñal. La Altitud de la cabecera municipal 2569 m.s.n.m. y la temperatura media es 17° C.

Sus límites oficiales son: Al norte con los municipios de Nobsa y Tópaga; al oriente con los municipios de Tópaga, Monguí y Aquitania; al sur con los municipios de Aquitania, Cuitiva e Iza; y al occidente con los municipios de Tibasosa, Firavitoba e Iza. (Ver figura 2)

Figura 2. Localización del municipio de Sogamoso.



Fuente: Geografía Cultural de Boyacá. Año 2021.

3. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS

3.1 METODOLOGÍA DE LA PASANTÍA

A través del convenio firmado entre la Universidad Santo Tomás seccional Tunja y la empresa INGETEST IE SAS (Ver Anexo G), se lleva a cabo la pasantía en donde se asigna al Ingeniero Miguel Ángel Toledo Castellanos como tutor; para guiar, revisar y evaluar mediante bitácoras semanales presentadas por el pasante (Ver Anexo B) el avance y desarrollo de la práctica.

Por otro lado, por parte de la empresa INGETEST IE SAS se destina al Ingeniero Camilo Andrés Serrano Talero, quien actúa como Gerente-Tutor para brindar al pasante la asesoría necesaria en el desarrollo de su trabajo, y a su vez, certificar las horas laboradas para evaluar el resultado de la práctica.

Al inicio de la pasantía se da una breve inducción por parte del tutor de la empresa, en donde se explican paso a paso todos los procesos a realizar, mostrando tanto la parte práctica (campo y laboratorios, campo de las cimentaciones y campo de comportamiento estructural), como la teórica (oficina-administrativas, campo formatos check-in) de lo que se iba a desarrollar.

La destreza fue avanzando a medida que transcurría el tiempo, desarrollando capacidades abstractas y estrategias metodológicas para el cumplimiento de las tareas asignadas.

El plan de trabajo cuenta con tres etapas para hacer eficaz este proceso, estas son: inducción, ejecución y evaluación. El ritmo de trabajo varía respecto al tipo de actividad. (Ver tabla 1)

Tabla 1. Etapas del plan de trabajo de la pasantía.

INDUCCIÓN	EJECUCIÓN	EVALUACIÓN
• Reconocimiento de la empresa a nivel administrativo y de razón social. • Identificación de funciones a cargo. • Exploración de materiales y equipos.	• Estudios geotécnicos de suelos. • Ensayos geotécnicos. • Ensayos de control de calidad sobre especímenes de concreto. • Gestión de documentación de la empresa.	• Monitoria y seguimiento. • Informe parcial y final de la pasantía. • Recolección y documentación de evidencias. • Sustentación y defensa del informe de grado.

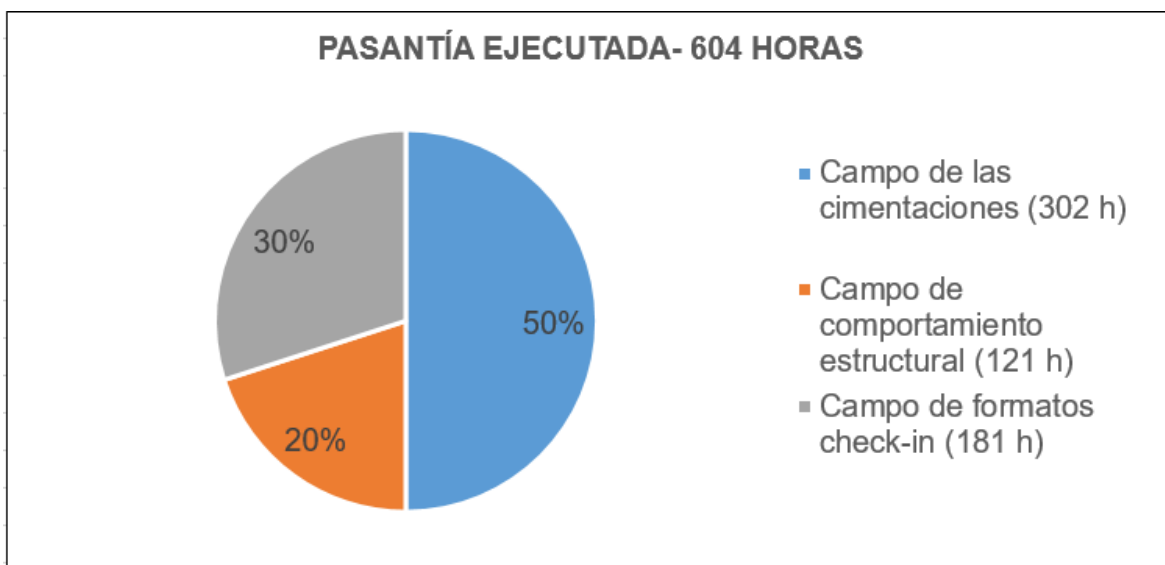
Fuente: Autor. 2021.

Para el proceso de ejecución se lleva a cabo diferentes actividades asignadas tales como:

- Realización de estudios geotécnicos de suelos. (Campo de las cimentaciones)
- Realización de ensayos geotécnicos sobre muestras de suelos, densidades in situ, CBR para diseño de mezcla con agregados y respectivas memorias de cálculos. (Campo de las cimentaciones)
- Realización de ensayos de control de calidad sobre especímenes de concreto y respectivas memorias de cálculos. (Campo de comportamiento estructural)
- Actividades de oficina relacionadas con el sistema de gestión de la empresa. (Campo de formatos check-in)

En cuanto a los recursos, se procede a disponer de los materiales, insumos, equipos de laboratorio y de campo necesarios para la realización concerniente a cada actividad. Estas se efectúan en un transcurso de cuatro meses, tiempo en el cual se cumple a cabalidad las labores técnicas en ejecución, con un total de 604 horas, respectivamente.

Figura 3. Clasificación de actividades de trabajo de pasantía, en porcentaje y tiempo.



Fuente: Autor, 2021.

Se observa en la figura 3, que las funciones realizadas en el campo de las cimentaciones abarcan el 50% del total de las horas realizadas en la pasantía con un total de 302 horas, las actividades ejecutadas en el campo del comportamiento estructural son del 20% con un total de 121 horas, finalmente el campo de formatos check-in ocupa el restante con un 30% que equivale a 181 horas. Una vez terminada cada actividad se presentan al tutor de la empresa para ser avalada y calificada.

De igual manera, durante el desarrollo de la práctica, se lleva a cabo el cumplimiento de las normas de bioseguridad, haciendo uso de los elementos de protección tales como, tapabocas o mascarilla, alcohol, lavado constante de manos y un distanciamiento pertinente no menor a 1,5 m; cabe resaltar la responsabilidad con el uso de elementos de seguridad y salud en el trabajo como, casco, botas, gafas, y guantes y demás elementos de seguridad requeridos en diferentes etapas de los proyectos.

La descripción y argumentación de las actividades desarrolladas que se presentan en el contexto de la pasantía desarrollada en la empresa INGETEST IE SAS de la ciudad de Sogamoso se dividen en los siguientes apartados.

3.2 ACTIVIDADES EN EL CAMPO DE LAS CIMENTACIONES

3.2.1 Estudio geotécnico de suelos para la construcción de una subestación eléctrica de 115kV/34,5 en el corregimiento de Toquilla Municipio de Aquitania, Boyacá

Exploración del subsuelo: Para la exploración del subsuelo se contemplan los siguientes aspectos; Norma NRS 10, equipo de exploración, perfil estratigráfico, perfil geotécnico, ensayos de laboratorio y normas ISO. De igual manera, se tiene en cuenta las cargas generadas por el proyecto cuyos esfuerzos por trepidación y peso de las estructuras se pueden extender hasta una profundidad de 15 metros.

Respecto a lo anterior, la norma NSR 10, capítulo H.3 subtítulo H.3.1 (Ver tabla 2), clasifica las unidades de construcción por categorías, por consiguiente, el proyecto se contempla como categoría baja con cargas de servicio menores a 800 kN, por tanto, el número de sondeos de exploración mínimo es de 3, sin excluirse que en el terreno se pueda determinar un número mayor. En este sentido se determina que la profundidad máxima determinada es de 6 metros.

Tabla { SEQ Tabla * ARABIC [2]. Unidades de construcción y profundidad de sondeos.

Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)	
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN	
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000 kN	
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000 kN	
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8,000 kN	
Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5

Fuente: Norma NSR 10, Capítulo H. Año 2021.

Continuando con la exploración del subsuelo; se utiliza equipo de sondeo de perforación por percusión o golpeo, mediante una pesa de 65 kg como carga de golpeo, con muestreador split spoon (cuchara partida) y tubos de pared delgada (shelby). (Ver figura 4)

Figura 4. Equipo de perforación.



Fuente: Google Earth y fotos del sitio. Año 2021.

En este sentido, se realizan 6 sondeos con profundidad promedio de 6 metros. (Ver figura 5) A pesar de que la norma establece por esfuerzos por trepidación una profundidad mínima de 15 metros, no se logra la profundidad porque el equipo de muestreo “split spoon” en la prueba SPT, presentó rechazo con número de golpes $n=30$. Esta situación se debe a la presencia de suelos tipo grava. Por consiguiente, se deduce que es importante que en la etapa de planeación se contemple inicialmente la geología local, porque esto prevé el tipo de equipo de exploración adecuado para el terreno. Sin embargo, la aparición de suelos tipo grava implica que los esfuerzos pueden ser minimizados y los asentamientos viables en el momento de la evaluación de la carga por hundimiento.

Figura 5. Localización de sondeos.



Fuente: Tomado de: Google earth. Año 2021.

El perfil estratigráfico y geotécnico general está conformado por las siguientes variables:

Profundidad (m): Indica los metros realizados del sondeo.

Longitud (m): Describe el intervalo profundizado.

Litología: Corresponde a la simbología del tipo de suelo de acuerdo a la clasificación U.S.C.S.

Nivel Freático: Señala la profundidad en donde aparece una tabla de agua (Estrato muy delgado productor de agua o tabla de agua colgada), que no necesariamente pertenece a la capa freática (nivel freático colgado) del perfil explorado (Espesor del estrato saturado).

Descripción: Se desglosa elementos visuales de campo tales como; tipo de suelo, color, plasticidad (baja, alta), resistencia seca, diámetro del sorting (grano), y porcentaje de humedad natural.

SPT (No Golpes): Corresponde al número de golpes de hincado de la cuchara partida o “split spoon”, medidos a lo largo de 30 cm de la capa de suelo. Los sondeos de SPT deben ser continuos desde el nivel cero hasta la profundidad requerida. El

valor corregido a N_{60} representa el valor de q_u según Skempton (1984):

$$q_u = 0.334 * \ln(N_{pcc}) * 0.35$$

Donde:

q_u = Esfuerzo Uniaxial o Resistencia del material.

N_{pcc} = Número de golpes (SPT) corregido.

La corrección de NSPT es:

$$N_{pcc} = 1.969 * N^{0.6383}$$

Donde:

N = Número de Golpes.

Respecto a la Muestra SPT se observan diferentes tipos a lo largo del muestreo:

M_{mxp} = Muestra en bolsa.

M_{SPTxp} = Muestra tomada con cuchara partida (SPT).

M_{SHxp} = Muestra tomada con Shelby.

$M_{tcp(corazonadora)xp}$ = Muestra corazonadora.

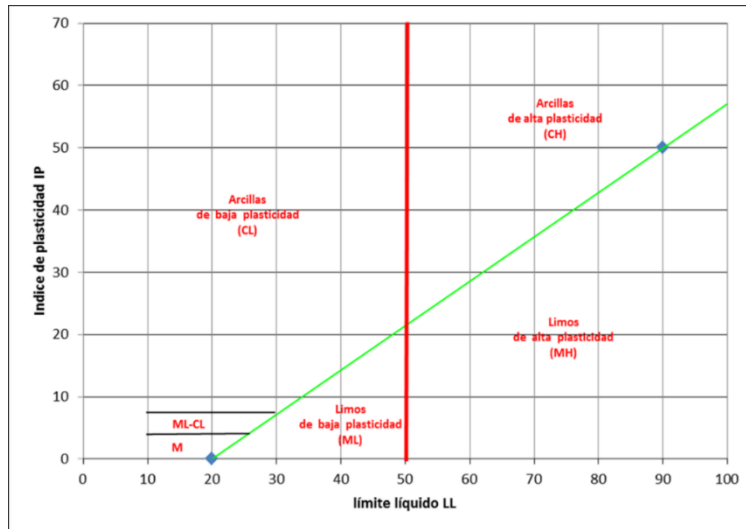
Donde:

x = Profundidad muestra requerida.

p = Número de muestra.

Clasificación y Límites de Atterberg: La organización U.S.C.S, clasifica los suelos en dos tipos: cohesivos, es decir; aquellos que tienen cohesión-limos, arcillas-combinaciones de estos y no cohesivos entendidos como granulares-arenas y gravas-combinaciones. Añadido a esto; la carta de plasticidad de Casagrande clasifica a los suelos cohesivos dependiendo del albergamiento de agua en sus moléculas que hacen que este se comporte plásticamente. (Ver tabla 3) Por consiguiente, se hace posible identificar el límite líquido (LL), límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP).

Tabla 2. Carta de Casagrande para suelos cohesivos.



Fuente: Libro Componentes lógicos. Autor: PhD Raúl Patarroyo. Año 2017. Tomado en el año 2021.

De igual forma se aclara que los suelos granulares, se pueden también comportar como mezclas. (Ver tabla 4)

Tabla 3. Clasificación de suelos granulares.

GW	Gravas bien gradadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos
GP	Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos
GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo
GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava arena y arcilla
SW	Arenas y arenas gravosas bien gradadas con pocos finos o sin finos
SP	Arenas y arenas gravosas mal gradadas con pocos finos o sin finos
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo
SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla

Fuente: Libro Componentes lógicos. Autor: PhD Raúl Patarroyo. Año 2017. Tomado en el año 2021.

Humedad Natural: El primer escenario para visualizar la humedad natural se da en el momento que se hace el sondeo de campo y con la prueba de laboratorio se verifica el porcentaje inicialmente establecido. En este sentido el porcentaje se evalúa de la siguiente manera:

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c} \times 100$$

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

w : Contenido de agua, (%)

W₁ : Masa del recipiente con el espécimen húmedo, (g)

W₂ : Masa del recipiente con el espécimen seco, (g)

W_c : Masa del recipiente, (g)

W_w : Masa del agua, (g)

W_s : Masa de las partículas sólidas, (g)

Granulometría: Con el fin de encontrar qué tan bien o mal gradado es el suelo granular; se procede a determinar la distribución de los tamaños que lo conforman. Por consiguiente, se obtiene el Cu (Coeficiente de Uniformidad) y el Cc (Coeficiente de Curvatura) de la siguiente manera:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde:

C_u : Coeficiente de uniformidad.

D₆₀ : Diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 60% del suelo, en peso.

D₁₀ : Diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 10% del suelo, en peso.

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{10} \cdot D_{60})}$$

Donde:

C_c : Coeficiente de curvatura.

D₃₀ : Diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 30% del suelo, en peso.

Estos coeficientes definen la calidad de materiales que se pueden utilizar en rellenos antrópicos, bases y subbases, filtros para plantas de tratamientos, agregados para concretos y asfaltos. Cuando el coeficiente de uniformidad, es menor de 5 la granulometría es uniforme, si está comprendido entre 5 y 20 el suelo es poco uniforme y si es mayor de 20 se trata de un suelo bien graduado; el grado de curvatura determina en la ojiva los tamaños uniformes para cada tamiz.

Densidad Volumétrica: Esta densidad se establece en la relación masa-volumen de una probeta de suelo, con el fin de encontrar, densidad seca (γ_d) ($\frac{Ton}{m^3}$) o cualquier otra unidad convencionada, densidad húmeda (γ_{hum}) ($\frac{Ton}{m^3}$), y densidad sumergida (γ_s) ($\frac{Ton}{m^3}$), dependiendo de la profundidad de la muestra con respecto al nivel freático.

Esfuerzo Uniaxial: Es la cantidad de carga que recibe una probeta de suelo con respecto al área, para deformarse, tanto verticalmente como lateralmente (Módulo de Poisson), hasta la falla o rotura. Por consiguiente, se define como:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Donde:

σ = Esfuerzo (Pa).

F : Fuerza ($\frac{N}{m^2}$).

A : Área (m^2).

En la prueba de esfuerzo uniaxial en la curva elastoplástica se puede evaluar la deformación transversal y vertical para obtener el coeficiente de Poisson:

$$v = \frac{\varepsilon_{trans}}{\varepsilon_{long}}$$

Donde:

ε = deformación.

Cuando el esfuerzo uniaxial muestra que el espécimen de suelo comienza a fallar este punto se toma para obtener el Módulo de Young:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad.

σ = Tensión.

Cada una de las actividades en la exploración tanto de campo como de laboratorio están referenciadas con las siguientes normas (Ver tabla 5).

Tabla 4. Normas para exploración y ensayos de laboratorio.

ENSAYO	ISO	LEGAL
Descripción e identificación de suelos (procedimiento visual y manual)	INV E-102-13	NSR 10 (REGLAMENTO COLOMBIANO SISMO RESISTENTE) Título H, Estudios Geotécnicos.
Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado.	INV E-122-13	
Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos.	INV E-123- 13	
Determinación del límite líquido de los suelos (LL).	INV E-125- 13	
Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos (LP, IP).	INV E-126-13	
Gravedad específica.	INV E-128-13	
Consolidación Unidimensional de los suelos.	INV E-151-13	
Corte directo.	INV E-154-13	
Sistema Unificado de Clasificación de suelos para propósitos de Ingeniería.	INV E-181-13	

Fuente: Tomado de: INVIAS y NSR 10. Año 2021.

Para establecer qué tipo y clasificación de los materiales presentan la zona de estudio, se realiza en laboratorio diferentes ensayos de clasificación de suelos tales como: humedad natural, límites de Atterberg, granulometrías, gravedad específica, consolidación unidimensional (método de Taylor) y corte directo.

Humedad Natural: De acuerdo a la revisión del formato utilizado por la empresa, se encuentra que este está conforme a las normas establecidas por INVIAS (Ver Anexo D). Por consiguiente, los resultados de laboratorio determinan que la humedad promedio de los suelos explorados es de 20.34 % para diseños (Ver figura 6).

Figura 6. Ejecución ensayo de laboratorio y humedad natural.



Fuente: Autor. Año 2021.

Granulometría: El coeficiente C_u (Coeficiente Uniformidad) por sondeo comparando estadísticamente las diferentes muestras es de 88.7, que corresponde a un suelo bien graduado, el valor obtenido es indicador de que los suelos granulares para la construcción de la subestación van a sufrir bajos asentamientos y la capacidad de carga por hundimiento va a ser considerable.

Figura 7. Ejecución ensayo granulometría.



Fuente: Autor. Año 2021.

Límites de Atterberg: Los suelos cohesivos explorados muestran un índice de plasticidad bajo, lo que indica que la cimentación puede sufrir asentamientos mínimos.

Figura 8. Ejecución ensayo límites de Atterberg.



Fuente: Autor. Año 2021.

Consolidación Unidimensional (Método de Taylor): La compresibilidad (C_c) de 0.123 mostrada en el ensayo indica cambios de relación de vacíos (e) muy leves, y el coeficiente de tiempo (C_s) de 0.011 indica que el tiempo de la recuperación de la muestra es muy bajo. Por lo anterior, se concluye que los suelos cohesivos no tienen problemas de asentamientos no permisibles.

Figura 9. Ejecución ensayo consolidación unidimensional.



Fuente: Autor. Año 2021.

Gravedad Específica: El ensayo de G_s practicado a una muestra da como resultado 2.611. (Ver figura 10)

Figura 10. Ejecución ensayo gravedad específica.



Fuente: Autor. Año 2021.

Corte Directo: El esfuerzo máximo al cortante es del orden $1.0869 \frac{kgf}{cm^2}$ indicando el grado de deformación por cizallamiento o carga sísmica. (Ver figura 11)

Figura 11. Ejecución ensayo corte directo.



Fuente: Autor. Año 2021.

3.2.2 Estudio geotécnico de suelos para la construcción de una subestación eléctrica de 115 kv en la planta de Holcim, municipio de Nobsa, Boyacá

Exploración del subsuelo: Para la etapa de exploración del subsuelo, se realiza el mismo proceso del anterior estudio geotécnico de suelos, ya que las cargas de servicio son menores a 800 kN.

Consecuentemente se utiliza equipo de sondeo de perforación por percusión o golpeo, mediante una pesa de 65 kg como carga de golpeo, con muestreador “split spoon” y tubos de pared delgada (shelby). (Ver figura 12)

Figura 12. Exploración in situ.



Fuente: Autor. Año 2021.

De igual manera, se desarrolla la ejecución de siete sondeos, en donde los cuatro primeros sondeos se hacen a una profundidad de dos metros, y los restantes a un metro. En este sentido la profundidad se estandariza porque se encuentra un pedraplén antrópico de grandes bloques de caliza. Por las dificultades del material a explorar, la profundidad máxima de los sondeos no se alcanza. El perfil estratigráfico y geotécnico general se muestra en el Anexo C.

Figura 13. Distribución sondeos, Planta Holcim Nobsa, Boyacá.



Fuente: Tomado de: Google Earth. Año 2021.

Se realizan ensayos de clasificación de suelos tales como: humedad natural, límites de Atterberg, granulometrías, gravedad específica, consolidación unidimensional (método de Taylor) y corte directo. El seguimiento y descripción de estos ensayos ya se encuentra especificado en el ítem 3.2.1.

Humedad Natural: Los resultados de laboratorio determinan que la humedad promedio de los suelos explorados es de 13.5 % para diseños.

Granulometría: El coeficiente C_u (Coeficiente Uniformidad) por sondeo, comparando estadísticamente las diferentes muestras, es de 26.43; lo que corresponde a un suelo poco uniforme en concordancia con el valor obtenido, por consiguiente, se determina que son suelos colapsables por asentamiento de cargas.

Límites de Atterberg: Al identificar que el índice de plasticidad bajo puede estar representando un suelo más granular que cohesivo; se determina que el concepto de plasticidad debe ser reevaluado.

3.2.3 Estudio geotécnico de suelos para la construcción de una subestación eléctrica de 115 kv en la planta Sidenal, Sogamoso, Boyacá

Exploración del subsuelo: Al igual que en las actividades expuestas anteriormente; para esta exploración del subsuelo se tiene en cuenta el apartado del numeral 3.2.1, ya que presentan las mismas características en cuanto a que el proyecto se contempla como categoría baja.

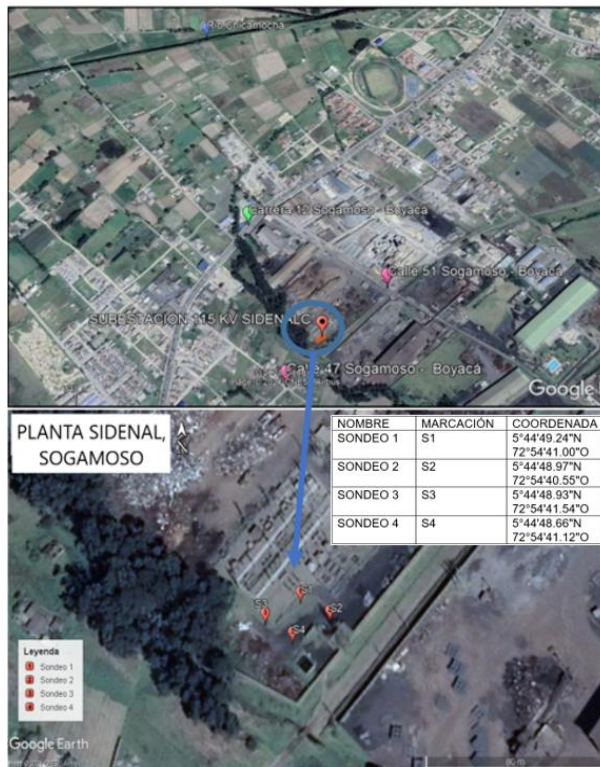
Figura 14. Exploración in situ.



Fuente: Autor. Año 2021.

Respecto a las perforaciones realizadas; se llevan a cabo cuatro perforaciones con una longitud de perforación de 6 metros para los tres primeros sondeos y una longitud de 5 metros para el último sondeo, como resultado de ello se obtienen muestras alteradas e inalteradas.

Figura 15. Distribución de sondeos - Planta Sidenal. Sogamoso.



Fuente: Tomado de: Google earth. Año 2021.

El perfil estratigráfico y geotécnico general se muestra en el Anexo C.

Se lleva a cabo en laboratorio ensayos de clasificación de suelos tales como: humedad natural, límites de Atterberg, granulometrías, gravedad específica, consolidación unidimensional (método de Taylor), corte directo, y compresión inconfiada no drenada.

Humedad Natural: Los resultados de laboratorio determinan que la humedad promedio de los suelos explorados es de 16.46 % para diseños.

Granulometría: No se practican granulometrías porque los suelos son eminentemente arcillosos.

Límites de Atterberg: Respecto a los límites de Atterberg, el índice de plasticidad es alto porque son suelos arcillosos y plásticos por efecto de humedad, lo cual implica que para el diseño se deben manejar drenajes perimetrales para evitar que le entre humedad a la zona de la subestación.

Consolidación Unidimensional (Método de Taylor): La compresibilidad (C_c) de 0.2125 mostrada en el ensayo indica cambios de relación de vacíos (e) muy leves,

y el coeficiente de tiempo (Cs) de 0.0145 indica que el tiempo de la recuperación de la muestra es muy bajo. Consecuentemente se concluye que los suelos cohesivos tienen problemas de asentamientos bajos.

Gravedad Específica: El ensayo de Gs practicado a una muestra da como resultado 2.583.

Corte Directo: El esfuerzo máximo al cortante es del orden 50.832 kN, indicando que el grado de deformación por cizallamiento o carga sísmica puede ser alto.

Compresión Inconfinada: El esfuerzo de 134,3 kPa equivalente a $1,37 \frac{kgf}{cm^2}$, puede indicar que los suelos arcillosos del área del proyecto tienen una alta carga última de hundimiento, por lo cual la cimentación puede verse muy superficialmente. Se siguen parámetros de norma INV E-152-13.

Figura 16. Ejecución de ensayo de compresión inconfinada.



Fuente: Autor. Año 2021.

3.2.4 Ensayo de densidad in-situ por el método de cono y arena, para el proyecto construcción institución educativa el crucero

La Institución Educativa de carácter rural “El Crucero”, construye una edificación vertical en un área de 2541 m², por ende, se hace un relleno con material silíceo, para subir la nivelación entre vigas de tal manera que se conforme la rasante para la aplicación de los pisos. A ese material de relleno, se le aplica la densidad de

campo por el método de cono y arena. Adicionalmente, se hace un ensayo de proctor estándar al 95% de compactación.

Para el ensayo de cono y arena se utiliza arena uniforme estandarizada, (arena de Otawwa) la cual es tamizada previamente para evitar contaminantes presentes de anteriores usos. Esta tiene que ser limpia, lavada, seca, uniforme, no cementada y durable. Los elementos son: Aparato cono y arena, placa base, balanza, cincel, cuchara, brocha, martillo, platón (Ver figura 17).

Figura 17. Densidad del suelo en terreno (in situ).



Fuente: Autor. Año 2021.

El procedimiento se desarrolla de la siguiente manera: En un primer momento se calibra el equipo de densidad in situ para proceder con la nivelación del suelo, a continuación, se coloca la placa base y se comienza a hacer una perforación, teniendo como guía el agujero interior de la placa, a una profundidad de 15 cm, y un diámetro de 6" de tal manera que se haga la toma correspondiente a la muestra para su peso y empaque.

En cuanto a la determinación del volumen, el frasco con la arena calibrada es pesado y se procede a colocar el cono de manera invertida sobre el agujero, para luego abrir la válvula y dejar caer en caída libre la arena hasta el agujero. Finalmente se extrae la arena para ser pesada y determinar la altura que llenó el agujero. Posteriormente, en el laboratorio la muestra empacada se pesa y se toma la humedad por secado.

El cálculo de la densidad es:

- Volumen del hueco:

$$V = \frac{M_1 - M_2}{\rho_1}$$

Donde:

V : Volumen del hueco de ensayo, (cm^3)

M_1 : Masa de la arena que se utilizó para llenar el hueco, el cono y la placa base, (g)

M_2 : Masa de la arena que se utilizó para llenar conjunto cono + placa base, (g)

ρ_1 : Densidad de la arena, ($\frac{g}{cm^3}$)

- La masa seca del material removido del hueco de ensayo:

$$M_4 = \frac{M_3}{(w + 100)} \times 100$$

Donde:

M_4 : Masa seca del material removido del hueco de ensayo, (g)

M_3 : Masa húmeda del material removido del hueco de ensayo, (g)

w : Contenido de agua del material removido del hueco de ensayo, (%)

- La densidad húmeda in-situ del material ensayado (ρ_m):

$$\rho_m = \frac{M_3}{V}$$

- La densidad seca in-situ del material ensayado (ρ_d):

$$\rho_d = \frac{M_4}{V}$$

- Peso unitario seco en el sitio, γ_d :

$$\gamma_d \left(\frac{kN}{m^3} \right) = \rho_d \times 9.807$$

$$\gamma_d \left(\frac{lbf}{pie^3} \right) = \rho_d \times 62.43$$

Donde:

ρ_d : Densidad seca en el sitio, ($\frac{g}{cm^3}$)

El total de densidades tomadas es de 8, el promedio de compactación: $2.039 \frac{g}{cm^3}$.

La densidad obtenida en el Proctor es: $2.080 \frac{g}{cm^3}$.

Los valores obtenidos, muestran que el afirmado del material para nivelar las placas de piso, está cumpliendo con la norma superior a $1,8 \frac{g}{cm^3}$.

Las actividades en campo como de laboratorio están referenciadas con las siguientes normas (Ver tabla 6).

Tabla 5. Normas para ensayo in situ

ENSAYO	ISO
Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado.	INV E 122-13.
Relaciones de humedad – peso unitario seco en los suelos (Ensayo normal de compactación).	INV E 141-13.
Relaciones de humedad – peso unitario seco en los suelos (Ensayo modificado de compactación)	INV E 142-13.
Densidad y peso unitario del suelo en el terreno por el método del cono y arena.	INVE 161-13.

Fuente: Tomado de: INVIAS. Año 2021.

3.2.5 CBR para diseño de mezcla con agregados

Con el fin de determinar la calidad de un material de cantera apto para rellenos de base y subbase en un proyecto vial; se analiza el porcentaje de compactación, Esfuerzo Uniaxial, y el Coeficiente de Gradación o Uniformidad; para que cumpla con la norma INV E-148-13 e INV E-123-13, respectivamente (Ver figura 18).

Figura 18. Recolección de material para ensayo.



Fuente: Autor. Año 2021.

El material recolectado se clasifica en tres porciones para utilizar tres moldes para promedio. Dentro del molde se coloca una capa de 10 cm y se compacta con el martillo con 10 golpes, una segunda capa con 25 golpes, y una tercera capa con 56 golpes (Ver figura 19).

Figura 19. Ejecución ensayo CBR.



Fuente: Autor. Año 2021.

A continuación, se presentan los porcentajes al compactar el 100 y el 95 de la muestra; sin embargo, los resultados obtenidos después de desarrollar todo el procedimiento se encuentran detallados en el Anexo D.

- El porcentaje total de compactación de 100 es de 74,15%.
- El porcentaje total de compactación de 95 es de 50,87%.

Siguiendo las especificaciones de la norma INVIAS se encuentra que el valor de 74,15% es bajo debido a que al suelo le hacen falta algunos tamaños y puede contener un alto contenido de arcilla. Por otro lado, el valor de 50,87%, a pesar de que pasa del 50% apto por la norma, está dentro de un valor límite; lo que indica la

falta de tamaños y la presencia de cierto contenido plástico.

Para el Coeficiente de Uniformidad se realiza una granulometría por tamizado, con resultado de $C_u=59,5$ y un Coeficiente de curvatura $C_c=0,793$ tamizado (Ver Anexo D). El valor de C_u muestra que es un suelo bien gradado, sin embargo, es un valor bajo dependiendo del uso que se le quiera dar, en caso de una vía 4G el C_u , tendría que estar de 65 a 70.

Aparentemente, el C_c muestra tamaños uniformes, pero se reitera que dependiendo del uso que se le quiera dar podría ser bajo para una vía 4G, que debe estar por el orden de 0.4 a 0.5.

Las normas, a tener en cuenta son:

Tabla 6. Normas para diseño.

ENSAYO	ISO
Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos.	INV E 123-13
CBR de suelos compactados en el laboratorio y sobre muestra inalterada.	INV E 148-13
Subbase Granular.	Artículo 320-13
Base Granular.	Artículo 330-13

Fuente: Tomado de: INVIAS. Año 2021.

3.3 ACTIVIDADES EN EL CAMPO DE COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

3.3.1 Determinación de resistencia a la compresión de especímenes de cilindros de concreto.

Con el objetivo de determinar la resistencia a la compresión de especímenes de cilindros de concreto; se procede a hacer un ensayo para establecer que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada (f'_c) (Ver tabla 8).

Tabla 7. Resistencia especificada.

RESISTENCIA ESPECIFICADA - f'_c		
# CILINDROS	PSI	MPA
200	3000	21
50	3500	25
170	4000	28
50	4500	31

Fuente: Autor. Año 2021.

En cuanto al proceso de ejecución; una vez llegan los cilindros a la empresa, se procede a la marcación y medición de las probetas para verificar que sus dimensiones en cuanto diámetro y altura (150 x 300 mm) (100 x 200 mm), según sea el caso, cumplan con la normatividad (INV E 410-13, NTC 673) y así, ejecutar el proceso de curado hasta el día de rotura.

Durante el proceso de curado, los especímenes se fallan dentro de las tolerancias de tiempo admisibles, según corresponda. (24 h, 3, 7, 14, 28, 90 días).

Inicialmente los cilindros son pesados (g) y se llevan a la máquina universal de compresión en estado húmedo (Ver figura 20). A continuación, se ajusta la velocidad de la falla en la prensa universal de compresión para iniciar con el ensayo.

Una vez hecho el proceso, teniendo en cuenta los resultados obtenidos; se analiza el tipo de fractura del espécimen, (cono, cono y hendedura, cono y corte, corte, columnar) para la toma de datos correspondientes. Por otro lado, se realizan los cálculos para verificar si la mezcla cumple con la resistencia esperada. (Ver Anexo D)

Figura 20. Ensayo de compresión de especímenes de concreto.



Fuente: Autor. Año 2021.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que del 100 %, solamente un 11,11% de esta no cumple con la norma de resistencia, que corresponde a un (1) cliente, de nueve (9) respectivamente. (Ver Anexo D)

Los tipos de falla observados son corte y columnar. La falla por corte se presenta a ángulos $\alpha = 30^\circ$ y 45° y el columnar de $\alpha = 80^\circ$ y 90° . Al presentar las fallas se identifica que hay estallidos súbitos y fallamientos graduales, lo cual significa que la dosificación y mezcla no es la adecuada. Es decir, que los estallidos súbitos presentan buen tamaño de distribución y dosificación mientras que el otro no.

3.4 ACTIVIDADES EN EL CAMPO DE FORMATOS CHECK-IN

En esta actividad, se procede con el diseño de la lista “check-in” para que se cumpla con la logística en cuanto a procesos, procedimientos y calidad siguiendo parámetros de la norma ISO 9001 (Ver tabla 9).

Tabla 8. Formatos check-in.

ACTIVIDAD	CHECK-IN	ANEXO
Estudios geotécnicos de suelos, densidades in situ, CBR para diseño de mezcla con agregados y comportamiento estructural.	-Se crean listas de chequeo para el proceso de ejecución de ensayos in situ. - Proceso de ensayo de penetración estándar (SPT). -Se complementa el diseño de formatos de hojas de cálculo para algunos de los laboratorios ejecutados en el transcurso de la pasantía. - Estrategia de “gestión de la bioseguridad”, para que los trabajadores usen los elementos de protección personal (EPP). - Gestión de protocolo de bioseguridad, el cual se realiza en cada salida de campo un acompañamiento y supervisión para prevenir el COVID-19, para garantizar la integridad y salud. -Diseños, selección y vinculación de personal.	Ver Anexo E y F.
Interventoría de obra	-Procedimientos de control de interventoría de obra, interventoría estudios. - Se realiza 30 formatos siguiendo instrucciones del tutor de la empresa para el servicio que ofrece en el proceso de interventoría de obra.	Ver Anexo E y F.

Fuente: Autor. Año 2021.

4. APORTES DEL TRABAJO

Los aportes generados a partir de la pasantía realizada, constituyen una base fundamental en la experiencia, aprendizaje y puesta en marcha de los conocimientos recibidos e interiorizados por parte del profesional en ingeniería civil. En este sentido los aportes son distinguidos desde el ámbito cognitivo y el ámbito de la comunidad. A continuación, se presentan cada uno de ellos junto con los aportes gestionados en el campo de cimentaciones, campo de comportamiento estructural y formatos check-in.

4.1 APORTES COGNITIVOS

Los aportes cognitivos son de gran importancia en el desarrollo de la pasantía llevada a cabo en la empresa INGETEST IE SAS, pues es en el ejercicio de la profesión en donde los conocimientos académicos adquiridos en la academia adquieren sentido para el perfil profesional del ingeniero civil, esto se logra gracias a la puesta en marcha de las tareas o actividades asignadas, en donde los resultados observados y documentados en el presente informe; le otorgan valor al practicante gracias a la experiencia y responsabilidad asumida dentro de su desempeño profesional. Por lo anterior, se presentan a continuación los aportes cognitivos desde el campo de las cimentaciones, campo de comportamiento estructural y campo de formatos check-in.

4.1.1 Campo de las cimentaciones

4.1.1.1 Generalidades

Para el diseño estructural de una cimentación sobre la que se va erigir una obra civil se requiere, en primer lugar, del estudio geotécnico de los componentes líticos, suelo o roca, para así dar paso a la exploración del subsuelo en donde se pueda llegar a determinar la existencia de materiales cohesivos o no cohesivos. En el caso de la existencia de rocas, se debe llevar a cabo el análisis geo-mecánico del macizo rocoso. De igual manera, los ensayos de campo y laboratorio resumen las propiedades geofísicas y mecánicas del subsuelo explorado.

Para la ingeniería básica de diseño de la cimentación son fundamentales las siguientes variables:

- Perfil estratigráfico y geotécnico de cada una de las capas del substrato existentes (registros continuos de resistencias y propiedades geofísicas), de suelo o roca según el caso.
- Esfuerzo admisible de seguridad ($F_s=3$) de la capa que la contiene a una profundidad de desplante (D_f), que debe ser evaluado dependiendo de las cargas mayoradas de las estructuras del proyecto a construir. Se evalúa la

presión de hundimiento de las estructuras.

- Presencia del nivel freático, e incidencia de la presión de poros en la estabilidad de la cimentación.
- Evaluación del bulbo de esfuerzos en profundidad, el índice de compresibilidad del perfil explorado y los asentamientos por consolidación.
- El modelo hidrogeológico e hídrico del área local y la incidencia regional.
- El riesgo geotécnico a corto, mediano y largo plazo, en el proceso constructivo de la obra y posterior, junto con los indicadores de aceptabilidad o no de terceros.
- El cálculo de estabilidad de taludes y comportamiento geoestructural del macizo rocoso, en caso que el perfil explorado sea eminentemente roca, cualquiera que sea el origen: Ígneo, metamórfico y sedimentario.
- El cumplimiento de los parámetros legales expresados en el capítulo H de la norma NRS 10, Código Sismo Resistente para Colombia.

4.1.1.2 Actividades realizadas

El alcance de la práctica empresarial en el campo de las cimentaciones se proyectó en apoyar la exploración geológica, realización de ensayos de laboratorio para suelos (humedad natural, límites de consistencia, resistencia uniaxial no drenada, propiedades índices y granulometrías por tamizado), pruebas de densidad de campo para materiales de relleno antrópico, por cono de arena y proctor estándar y ensayos CBR para materiales de agregado. En este sentido; los escenarios cognitivos relevantes se describen a continuación:

En primer lugar, la documentación previa a la salida de campo para realizar la exploración geológica sobre geomática altimétrica, georreferenciación de la zona, geología local, componente climático, accesos y la contextualización técnica de la Norma NRS 10, capítulo H; son determinantes en la elección del equipo para realizar los sondeos exploratorios, ya que de esto depende la profundidad efectiva de la exploración, la cantidad y la calidad del muestreo necesario para la elección de los ensayos de laboratorio, y por ende, de la información necesaria para evaluar las variables geotécnicas ya descritas, para el diseño de la cimentación.

El equipo de golpeo con pesa de 65 a 70 kg y 76 cm de altura de caída, con muestreadores “split spoon” o cuchara partida para perfil de resistencias SPT por el número de golpes de penetración cada 15 cm hasta 60 cm (Toma muestras alteradas) y para la penetración de tubo Shelby de pared delgada y diámetro de 3” (Toma muestras inalteradas); es un equipo limitado solo para sondear suelos de consistencia muy blanda (SPT-N <2-), a dura (SPT-N >30-), tanto cohesivos (Arcillas-C-, Limos -L-) y no cohesivos (Arenas-S-).

Para el momento de exploración, en caso de evidenciar gravas desde finas hasta conglomerados con matriz cementada o no, suelos cohesivos muy densos y arenas

de alta consistencia, estos muestreadores presentan rechazo inmediato, por consiguiente, se entiende que la exploración a la profundidad planeada se ve truncada.

Estas condiciones emergentes se pueden solucionar, si se realiza la documentación ya descrita, porque se puede optar por un equipo de sondeo por el método de lavado, perforación rotatoria con broca tricónica con columna de perforación (muestras con corazonadora), sísmica de refracción, tomografía sísmica, calicatas, trincheras, barrenas helicoidales de gran diámetro bajo presión continua u otros.

En segundo lugar, el número de sondeos y la profundidad a explorar, dependen de la clasificación de la obra, según la Norma NRS 10, capítulo H. La distribución en el área depende en primer término del criterio geológico, y luego en la medida en que se vayan presentando cambios notorios en la composición del suelo, se van estableciendo los demás sondeos, en donde el profesional de campo, en este caso el geólogo, lo defina.

En tercer lugar, el 50% del número de sondeos, debe explorar hasta la profundidad establecida por la Norma NRS 10, capítulo H. Además de esto; el muestreo debe ser por cada metro hasta los primeros 5m y de 1,5m de profundidad, hasta alcanzar la establecida.

Lo anterior indica que los registros de información geofísica y mecánica del perfil de subsuelo, deben ser continuos, independientemente de que las capas de suelo que se va encontrando tengan un espesor considerable. Mientras no se tenga registros continuos tales como humedad natural en %, resistencia del suelo q_u en kgf/cm^2 , densidad volumétrica g/cm^3 , límites de consistencia, compacidad relativa, ángulo de fricción interna, resistencia al cortante en kgf/cm^2 , módulo de Young en N/m^2 , índice de compresibilidad C_c , sensibilidad S_t , módulo de poisson μ , índice de rigidez I_r , relación de vacíos e_o , permeabilidad k , densidad específica G_s , porosidad n , fricción lateral f_l , presión de poros U , nivel freático, presión horizontal de tierras K_o , coeficiente de uniformidad C_u obtenido en una granulometría por tamizado; como fundamentales, la información es incierta para el cálculo de esfuerzo de carga última, evaluación de asentamientos por consolidación del perfil explorado, nivel de desplante y tipo de cimentación.

De igual manera se aclara que, las unidades de trabajo deben estar contempladas en el sistema internacional (SI), conforme a la norma NTC 1000 y en cualquiera de los múltiplos desde Kg/cm^2 , kg/m^2 , t/m^2 , KN, MN, KPa, MPa. Todos los cálculos deben estar en las unidades correspondientes para que no se den variaciones cuantitativas.

Lo anterior implica que los sondeos requieren del equipo de exploración adecuado, para un posible perfil de suelo predeterminado, que se logra con el estudio bibliográfico previo de la zona a explorar.

En cuarto lugar, el cuidado de las muestras tomadas (Bolsa, Split, Shelby) con envoltura en papel parafinado para conservar la humedad, se hace con el retiro de la muestra en campo del respectivo muestreador. Las muestras de corazón para suelos muy duros o roca se colocan en una caja protectora de manera que se pueda evitar su alteración durante el transporte y para que no pierdan humedad.

En quinto lugar, respecto al secado de las muestras para realizar ensayos de humedad natural y límites de consistencia (Atterberg o Casa grande), estas se deben secar preferiblemente al ambiente para evitar que el calor del horno se sobrepase y los resultados obtenidos sean equivocados. Para el caso de suelos cohesivos con exceso de secado al horno, los resultados de límite líquido pueden ser muy altos y llegar a ser confundidos con suelos orgánicos de alta plasticidad o expansivos, cuando en realidad pueden ser inorgánicos de baja plasticidad.

En sexto lugar, para determinar los ensayos de límite líquido y límite plástico, en la cazuela de Casagrande y en la conformación de cilindros alargados respectivamente; se requiere de la destreza del laboratorista en el manejo de la humedad, de lo contrario se pueden presentar errores de interpretación en los cálculos de compresibilidad.

En séptimo lugar, se debe resaltar que la exploración del subsuelo debe estar acompañada por un profesional de campo, particularmente un geólogo o geotecnista, ya que en él recae la responsabilidad de que lo observado y descrito en campo este representado por los valores de los resultados de laboratorio y de cálculo por parámetros reales y con ábacos.

De igual manera, la práctica de densidad volumétrica de un material extendido y compactado (relleno antrópico), bajo una energía de carga por vibrado-compactado utilizando el método de cono de arena, tiene limitantes en cuanto al tipo de arena utilizada y la experticia del operario para abrir el hueco de llenado, así como para sacar el material que lo va a ocupar. La esfericidad de la arena debe ser del 95%, salvo la arena de Ottawa, teniendo en cuenta que otros materiales están por debajo de esta, lo cual hace necesario implementar correcciones de volumen. En lo que concierne a la densidad de compactación de un relleno antrópico medida por la técnica del cono de arena, se encuentra que esta no es confiable, ya que presenta porcentajes de error hasta del 15% aproximadamente que, en comparación con el método de densidad nuclear, haciendo uso del densímetro nuclear que trabaja con cesio 53 como isótopo radiactivo, el porcentaje de error se presenta en un porcentaje menor del 0,1%.

Por otra parte, la práctica de densidad volumétrica de un material extendido y compactado, bajo una energía de carga por vibrado-compactado, utilizando el método de proctor estándar como verificación de densidad de compactación; comparado con los valores del densímetro nuclear, el porcentaje de error es del

10% aproximadamente.

En lo que concierne a la medición de capacidad de soporte de un material afirmado mediante la técnica de CBR, comparado con el ensayo de compresión uniaxial, éste presenta un error del 3%, por lo que se establece en un porcentaje confiable.

4.1.2 Campo de comportamiento estructural

El alcance de la práctica empresarial en el campo del comportamiento estructural, se propuso, por parte de la división de ingeniería de la empresa, apoyar la realización de ensayos de carga o fallamiento de cilindros de concreto. Teniendo en cuenta que este es un servicio técnico que la empresa presta a ingenieros y constructores que han tomado las muestras y han hecho el respectivo curado, la empresa se limita a certificar un valor de resistencia por falla a fuerzas compresivas, en una máquina universal de carga que cumple con los requerimientos de la norma NTC-673.

4.1.2.1 Actividades realizadas

Las actividades realizadas en el campo de ensayos de prueba de carga en cilindros de concreto, abarcan escenarios cognitivos relevantes resumidos en los siguientes acápite:

En un primer momento, se nivelan las superficies base del cilindro sobre una cubeta con azufre fundido para posteriormente ubicarlo en la máquina. De igual manera, se tiene en cuenta que antes del ensayo se mide la relación que hay entre el diámetro del cilindro y la altura que debe ser de 1:3 respectivamente.

A continuación, se hacen las observaciones en el formato del tipo de falla presentado en el cilindro, ya sea oblicua o columnar. Así como las observaciones en el formato, del tipo de explosividad en el momento de la falla, ya sea súbita o lenta. De igual manera, se hacen las observaciones en el formato sobre el color, porosidad, contaminantes y gradación de la zona fresca de falla.

Finalmente, se realiza una base de datos del número de cilindros fallados que contemple los rangos de carga y las características físicas visuales posteriormente enunciadas.

4.1.3 Campo de formatos check-in

Sobre el campo de las observaciones check-in de los formatos en el alcance de la práctica empresarial, se propuso por parte de los propietarios, apoyar el mejoramiento de los siguientes formatos y crear otros respectivamente: registros de campo en la exploración geológica para estudios de suelos, complementación del

perfil estratigráfico-geotécnico general, mejoramiento del formato de rotura de cilindros de concreto, formato que da seguimiento a los protocolos de bioseguridad para la exploración de campo, actualización del formato para ensayos de laboratorio (límites de Atterberg, granulometría), formato lista de chequeo estudios geotécnicos y ensayo cono y arena; finalmente el diseño de procedimientos y otros formatos del control de calidad de la empresa.

4.1.3.1 Actividades realizadas

Los escenarios cognitivos relevantes respecto a las actividades realizadas en este campo se presentan en los siguientes aspectos:

En primer lugar, se llevó a cabo el diseño de un formato para cada sondeo de campo (perfil estratigráfico para campo). De igual manera, se procedió con la estructuración e implementación de un formato para que cada sondeo tenga un registro estratigráfico y geotécnico general.

En lo que corresponde a las pruebas previas del concreto en obra tales como: prueba de asentamiento, temperatura, contenido de aire y toma de cilindros de concreto para 7, 14 y 28 días, también se diseñó e implementó un formato específico.

Se crea un formato de lista de chequeo para los estudios geotécnicos realizados, de igual forma otro para el ensayo de cono y arena, con el fin de tener mejor organización en las salidas a campo.

Finalmente, se estructuró un formato que da seguimiento a los protocolos de bioseguridad que se debe tener en las salidas técnicas para la exploración de campo. Así como 30 formatos y demás procedimientos de control de calidad de la empresa en diferentes procesos.

Los anteriores formatos referenciados y procedimientos, pueden ser observados en los Anexos E y F respectivamente.

4.2 APORTES A LA COMUNIDAD

Cada uno de los proyectos realizados no solo beneficia a los usuarios, también a la población del departamento y sus alrededores impulsando el desarrollo regional, departamental y nacional. El compromiso laboral es un eje principal para el desarrollo de las actividades diarias, como integrante del grupo de trabajo la responsabilidad y el aporte social es fundamental al momento de desempeñar las actividades ejecutadas. La comunidad es el agente más importante para cada una de las obras.

Los beneficios que tiene la comunidad con el desarrollo de esta pasantía, se describen en los siguientes campos:

4.2.1 Campo de las cimentaciones

Para empezar, es vital poner en conocimiento de la comunidad la importancia que la entidad del estado o la empresa privada tiene para que los proyectos de obras civil se diseñen y construyan, según los parámetros de las Normas Técnicas y Legales. Por esta razón, dentro de las labores de pasantía, se compartió con la comunidad el objetivo de la empresa INGETEST IE SAS y el alcance de la misma, en lo concerniente a la exploración del subsuelo y los resultados obtenidos que serán entregados a la empresa contratante del estudio geotécnico, para que desde allí se impartan las condiciones técnicas en el diseño de la cimentación del proyecto alusivo o respectivo.

De igual forma fue pertinente concientizar a la comunidad sobre la importancia de la empresa INGETEST IE SAS al realizar un estudio de suelos con todas las técnicas aprobadas y actualizadas por la investigación geotécnica, para que el diseño de la cimentación y la obra construida, tenga una vida útil de largo plazo, sin tropiezos de uso o en generación de costos.

Por otro lado, es importante resaltar que obras como estas, contribuyen al municipio en el que se desarrollan en la parte turística, económica y social. El papel de la ingeniería civil en la sociedad no solo es relevante, sino necesario y representa una oportunidad para el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos.

En campo, se logró incentivar a los trabajadores sobre el uso de los elementos de protección personal (Epp's), ya que aún para muchos es difícil adaptarse a los mismos.

4.2.2 Campo de comportamiento estructural

La responsabilidad que tiene la empresa INGETEST IE SAS en la certificación del valor de la carga de rotura a compresión del cilindro es muy grande, por ello; las actividades realizadas en el campo de comportamiento estructural buscan que los beneficiarios de las construcciones tengan cierto nivel de confianza respecto a cada resultado obtenido que brinda el laboratorio siguiendo las recomendaciones establecidas y garantizando sus resultados.

Los ensayos de laboratorio son parte fundamental en el cronograma de cualquier obra, al tener que realizar una verificación y acreditación de los materiales a usar para verificar si cumplen al pie de la letra con las normativas correspondientes.

Finalmente, en lo concerniente a la misión del área de ingeniería civil, es pertinente recordar que las obras de infraestructura constituyen hechos sociales, pues se

ejecutan para el desarrollo integral de las comunidades en general, a partir de la transformación de los espacios socialmente contruidos.

4.2.3 Campo de formatos check-in

El diseño, mejoramiento, reestructuración, actualización e implementación de los formatos implementados por la empresa INGETEST IE SAS constituyó un factor vital para complementar la información necesaria que tanto la empresa como el cliente de la misma, necesitan conocer de manera organizada en el proceso pertinente al control de calidad.

El trabajo ejercido en los formatos, no solo complementa la experiencia del practicante sino también impacta en la presentación de la imagen e identidad empresarial que repercute en expandir los servicios ofrecidos por la empresa actualmente y así lograr llegar a un mercado más amplio y competitivo en donde se muestre la calidad de los servicios prestados.

Sumado a lo anterior, la implementación de estos formatos aporta a la eficiencia y solución de los posibles problemas en el menor tiempo posible en lo que concierne a la gestión de información sobre los estudios de los terrenos y zonas que puedan tener afectación, brindando precisión en la obtención de datos de manera confiable para la comunidad que se beneficia con los diferentes servicios en la ejecución de proyectos de ingeniería.

5. IMPACTO DE LA PASANTÍA

El impacto generado por la pasantía realizada responde a las diferentes temáticas del conocimiento en geotecnia adquiridas en la formación académica y que, en el desarrollo de la práctica empresarial, han sido aplicadas. En este sentido, sobresale la importancia de cada uno de los procesos llevados a cabo en la ingeniería de diseño geotécnico, los cuales se presentan a continuación desde los campos de cimentaciones, comportamiento estructural de los cilindros de concreto y formatos check-in.

5.1 CAMPO DE LAS CIMENTACIONES

5.1.1 Exploración del subsuelo

Para empezar, en la planeación de una exploración geológica para realizar un estudio geotécnico de suelos y cimentaciones, es de vital importancia que en la etapa previa se profundice en el conocimiento de la geología local del sitio, utilizando medios informáticos satelitales, bibliografía de los boletines del servicio geológico y mapas geológicos editados en el instituto geográfico Agustín Codazzi. Esta profundización cognitiva es la base del éxito para elegir el equipo apropiado para sondear el subsuelo y, de esta manera, lograr el número de sondeos, la profundidad requerida y el muestreo necesario; todo conforme a la norma NRS 10, capítulo H.

Por otra parte, se debe considerar que si el sitio de estudio esta geológicamente conformado por suelos con densificación blanda, ya sean arcillosos, limosos, arenas con algo de matriz arcillosa o mezclas de estos; el equipo de sondeo a utilizar puede estar conformado por trípode, pesa de 67 kg para el hincado por golpeo dejándola caer desde $h=0,70$ m, tubos de penetración LAW40 de 2", muestreador shelby de pared delgada (muestras inalteradas), muestreador mixto "split spoon" o cuchara partida (prueba SPT o número de golpes de penetración con muestra alterada) y cono holandés (prueba estática de penetración). Con el tipo de equipo de sondeo y el tipo de suelo, se podrá alcanzar la profundidad y extraer el muestreo necesario. En caso de que aparezcan niveles freáticos colgados y no se pueda tomar muestras del subsuelo, se debe optar por otro tipo de sistema de perforación.

De igual manera, es pertinente tener en cuenta que, si el sitio de estudio esta geológicamente conformado por suelos con densificación muy blanda ya sean arcillosos, limosos, arenas con algo de matriz arcillosa, o mezclas de estos; el equipo de sondeo a utilizar puede estar conformado por un cono eléctrico o sondeo CPTU (Hincado por presión continua) sistematizado a través de una zona en plug con la punta y cuerpo del cono, que envía la información a un software registrado en laptop. Este sistema entrega en tiempo real tres variables definitivas del subsuelo: q_u (resistencia corregida en la punta), que corresponde a la resistencia del subsuelo, la presión de poros por efecto de la posición del nivel freático y la

fricción lateral. Adicionalmente entrega mediante relaciones matemáticas: Litología, densidades volumétricas, ángulo de fricción interna, módulo de elasticidad estático o de Young y módulo de deformación unitario de Poisson. Este es un sistema de sondeo de alta tecnología, que requiere de alta experticia del Geotecnista en la interpretación de los registros. El sistema no toma muestras de subsuelo y tiene una desventaja al presentar rechazo automático al aparecer una capa de suelo granular muy denso, gravas o roca.

Por otra parte, si el sitio de estudio esta geológicamente conformado por suelos con densificación densa, suelo residual, gravas (cantos, guijas y guijarros), conglomerados, bloques de roca, roca estratificada o roca masiva (Ígnea o metamórfica), el equipo de sondeo a utilizar puede estar conformado por un sistema de perforación rotatorio con broca tricónica con la respectiva recuperación de la columna de material perforado (muestreo). Finalizada la perforación, el Geotecnista escoge las muestras a las cuales se les practicarán los ensayos de laboratorio, ya sea suelo o roca, relevantes para los cálculos necesarios para el tipo de proyecto a construir.

También hay que considerar que, si el sitio de estudio esta geológicamente conformado por suelos con densificación media a blanda, y hay presencia de nivel freático alto (superficial) y colgados o intermedios, condición que impide la toma de muestras, el equipo de sondeo a utilizar puede estar conformado por un sistema mixto de perforación rotatoria por lavado que permita examinar macroscópicamente los rípios de perforación y el sistema CPTU.

Respecto a las muestras recogidas, ya sea de suelo o roca, cualquiera que sea el sistema de perforación, requieren cuidado especial, por lo tanto, se hace necesario envolverlas en papel parafinado en una caja de perforación, con el fin de que no pierdan humedad o se contaminen.

Finalmente, se destaca la importancia del examen visual macroscópico con lupa de 20 aumentos ya que con ello se pueden distinguir los siguientes aspectos en campo: tipo de material detrítico (Arcilla, limo, aren fina, arena media, arena gruesa) por el tamaño de las partículas, grado de esfericidad (Anguloso, suban guloso, redondeado) que determina el transporte y desgase, y minerales accesorios que lo componen (Micas, piroxenos, anfíboles, sales, carbonatos, etc.)

5.1.2 Ensayos de laboratorio

En lo que concierne a los ensayos de laboratorio, específicamente los ensayos de humedad natural y de consistencia, es conveniente hacer un secado de las muestras al ambiente natural en un lugar donde se controle las variables humedad relativa y temperatura. De esta manera se garantiza la calidad y asertividad de los resultados. De igual forma, en los ensayos de consistencia o de límites de atterberg, el manejo en las cantidades de la humedad requiere de un alto nivel de experticia,

porque de lo contrario se puede presentar divergencia en el momento de la clasificación de los suelos, en donde algunos parámetros como índice de compresibilidad (C_c), índice de plasticidad (I_p), índice de expansión (I_e), índice de rigidez (I_r) e índice de contracción (I_c); puedan alterarse representando cálculos errados como asentamientos, licuación de arenas y criterios difusos para la evaluación de la carga última de una capa de cimentación y tipo de cimentación.

Por otra parte, la interpretación adecuada de una gráfica de un ensayo de granulometría por tamizado (escala logarítmica), permite definir con claridad si el material pétreo cumple con los requerimientos, por ejemplo, del INVIAS, para usarlo como material de relleno en bases y subbases de vías (no debe tener un 5% mayor de arcilla). De igual forma para usarlo como agregado en un concreto para hormigón o en un concreto asfáltico.

Los tamaños que conforman una muestra de suelo representan si hay uniformidad o no, en este caso se puede llegar a hacer mezclas con tamaños que falten en la muestra y así el material pueda ser utilizado en el proyecto, esto debido a que no se consiga otro material cercano y económico para el proyecto.

Continuando con los ensayos de laboratorio; los ensayos de compresión confinada (uniaxial), deben tener en cuenta la profundidad de la muestra y la cercanía al nivel freático en caso de que se tenga que hacer drenajes en el momento de la construcción de la cimentación. Debido a que el esfuerzo normal se debe evaluar como esfuerzo efectivo (Esfuerzo normal menos presión de poros). En la máquina de carga triaxial el ensayo se puede realizar simulando un estado natural drenado o no, dependiendo de las circunstancias de posición del nivel freático y el nivel de desplante de la cimentación que se proponga.

Finalmente, sobre el ensayo de densidad volumétrica en un suelo compactado, este tiene menor sensibilidad al error cuando se utiliza el densímetro nuclear por ser tecnología de punta. Los resultados obtenidos por el método de cono de arena y proctor, son bastante conservadores, y quedan supeditados a la experticia del geotecnista.

5.2 CAMPO DE COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

El ensayo de resistencia a la compresión en cilindros de concreto señala que un esfuerzo a la rotura óptimo, depende de unas variables previas que se deben analizar cuidadosamente tales como: coeficiente de uniformidad de los tamaños de los materiales pétreos (Arena, gravilla), cantidad de cemento colocado, cantidad y calidad del agua en el mezclado (Materiales secos o húmedos, agua limpia o contaminada por ejemplo con sales) y fraguado en húmedo. Las resistencias de norma son a los 7, 14 y 28 días respectivamente que deben ser proporcional a la resistencia-tiempo de fraguado, por lo tanto, el valor esperado final se tendrá en el tiempo máximo de 28 días.

En este sentido se encuentra que, las pruebas de resistencia realizadas en cilindros de concreto, con mezcla manual en obra, la gran mayoría cumplieron con la resistencia de diseño.

Respecto a las pruebas de resistencia realizadas en cilindros de concreto con premezclados, el 100% de estas dieron las resistencias esperadas, incluso superaban por un porcentaje del 0,1%. Estas mezclas tienen estándares de calidad con trabajos estadísticos de laboratorio en metrología y tipo de materiales, siguiendo las normas NTC e ISO.

5.3 CAMPO DE FORMATOS CHECK-IN

En cada una de las actividades de la pasantía fue muy importante hacer una profundización respecto de los parámetros necesarios en la vida real del diseño en ingeniería civil, por esta razón se presentó a la división de ingeniería actualizaciones de formato con parámetros necesarios y ajustados a la normativa que respondieran a una notación y descripción más explicativa, clara y concisa. Estas actualizaciones check-in fueron importantes para la división de ingeniería de la empresa, ya que, al ser implementadas, se facilita el trabajo de campo y laboratorio, así como la eficacia y eficiencia en la obtención, registro y el manejo de la información.

CONCLUSIONES

Tras llevar a cabo la pasantía y teniendo como base la experiencia dentro de la misma en el ejercicio de la ingeniería, sobresalen las siguientes conclusiones:

Para empezar, una práctica adecuada de exploración de subsuelos o rocas para diseños geotécnicos y estructurales, es el eje fundamental para la obtención de los parámetros geomecánicos, físicos, hidrológicos y mineralógicos que se requieren para llegar a establecer el nivel de desplante de una cimentación, el esfuerzo último de carga de hundimiento de la capa de desplante, los asentamientos totales y diferenciales, la profundidad límite de los esfuerzos por efecto de las cargas a través de las capas del perfil explorado, la posición del nivel freático y la litología base.

Lo anterior implica que se deben contemplar los métodos o sistemas de perforación y toma de muestras para suplir la información que requiere cada tipo de proyecto conforme a la norma NRS 10.

Así mismo, es de vital importancia que el profesional de geología y geotecnista acompañe las actividades de exploración de campo y desde su perspectiva, se haga la selección de muestras para ensayar en el laboratorio. Igualmente, para desarrollar las actividades de campo y laboratorio de mecánica de suelos, se necesita tener claridad de los elementos normativos NTC de calidad, que contempla cada una.

Para la extensión y compactación de rellenos antrópicos en cualquier tipo de necesidad de obra civil, se requiere de un análisis previo sobre los tamaños del material conformante y un análisis final de comprobación de la densidad volumétrica adquirida luego de aplicar la energía de compactación. Entre mayor sea la densidad volumétrica, mayor compactación se alcanza, por lo tanto, el suelo tendrá mayor rigidez para la estabilidad de la obra civil.

Por otra parte, cuando se realiza el ensayo de compresión axial en cilindros de concreto, se llega a comprender que una mezcla de concreto para hormigón requiere de un estudio estadístico previo, que logre encontrar la mezcla ideal para llegar a la resistencia requerida. Teniendo en cuenta que la estabilidad estructural de un concreto depende de la resistencia en el fraguado, que debe ir creciendo proporcionalmente, entre 7, 14 y 28 días, tiempo en el cual se alcanza la resistencia de diseño.

Para finalizar, se recalca que la salida de información de las etapas de exploración de subsuelo y laboratorios de mecánica de suelos, debe estar sustentada en formatos que aporten los parámetros necesarios para que el ingeniero de diseño tenga la información sustancial.

RECOMENDACIONES

Tras realizar la pasantía, es pertinente contemplar la tenencia de diferentes tipos y sistemas de perforación o sondeo de suelos y rocas, de tal manera que se programe una exploración de campo con diferentes opciones ante la posibilidad de encontrar en el sitio una geología diversa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Provincia de Sugamuxi", *Boyacacultural.com*, 2021. [Online]. Disponible en: http://www.boyacacultural.com/index.php?option=com_content&view=article&id=107&Itemid=104.
- [2] A. Skempton, *Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation*, *Geotechnique*. Vol. 36, No.3 pp. 425-447.
- [3] P. Raúl, *Componentes Líticos*. Editorial: Omega, p 30. Colombia, 2017.
- [4] B. Das, *Fundamentos de ingeniería geotécnica/ fundamental of geotechnical engineering*. México. 4ta Edición. Cengage Learning, 2001.
- [5] Instituto Nacional de Vías, *Normas y Especificaciones INVIAS*. Bogotá D.C. El Instituto, 2013.
- [6] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*. NSR-10, Segunda actualización, Bogotá, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. AIS, 2010.
- [7] Norma Técnica Colombiana NTC 673 Concretos, *Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto*. Bogotá D.C, 2010.
- [8] Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 9001, *Sistemas de gestión de la calidad*. Bogotá D.C, 2015.

ANEXOS

ANEXO A. Registros fotográficos.

ANEXO B. Bitácoras.

ANEXO C. Perfil estratigráfico y geotécnico general.

ANEXO D. Resultados ensayos realizados.

ANEXO E. Formatos plan de gestión de calidad.

ANEXO F. Procedimientos sistema de gestión de calidad.

ANEXO G. Convenio.

ANEXO H. Actas de reunión.