

Práctica empresarial como apoyo a las actividades en el laboratorio de suelos y en la descripción geológica para proyectos geotécnicos en la empresa interobras de Santander S.A.S.

Business internship as support for activities in the soil laboratory and geological description for geotechnical projects at Interobras De Santander S.A.S.

I. Gustavo Eduardo Chávez Rozo

Recibido: 23-09-2021

Aprobado: 22-12-2021

Resumen

El presente artículo presenta el desarrollo de la práctica empresarial como apoyo a las actividades en el laboratorio de suelos y en la descripción geológica para proyectos geotécnicos, en la empresa INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S, teniendo como principal objetivo contribuir en el ámbito geotécnico específicamente en las actividades de descripción y análisis de suelos en los proyectos de la empresa.

Palabras clave: SUCS, Geotecnia, laboratorio de suelos

Abstract

The present article presents the development of the business internship as support for activities in the soil laboratory and geological description for geotechnical projects at INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S. The main objective is to contribute to the geotechnical field, specifically in the activities of soil description and analysis in the company's projects.

Keywords: SUCS, Geotechnics, soil laboratory

Gustavo Eduardo Chávez Rozo. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Escuela de Ingeniería Geológica, Colombia.. Correo: gustavo.chavez@uptc.edu.co. ORCID: [Dato pendiente por completar].

*Autor de Correspondencia: [Dato pendiente por completar]

Introducción

La geotecnia, en esencia, fusiona principios geológicos y de ingeniería civil, centrándose en el estudio de las propiedades inherentes de los suelos y las rocas, así como en su interacción con estructuras y obras civiles. Esta disciplina no solo abarca el diseño de cimientos y estructuras, sino que también desempeña un papel crucial en la identificación y mitigación de riesgos geotécnicos y geológicos que podrían amenazar la estabilidad de las construcciones, como deslizamientos de tierra, hundimientos e inundaciones, todas estas actividades de estabilidad, sostenibilidad, mitigación son respaldadas con labores del laboratorio de suelos. (Terzaghi, 1943).

Para el desarrollo de los proyectos geotécnicos se encuentra el laboratorio de suelos, una herramienta fundamental, se lleva a cabo una investigación exhaustiva de la superficie in situ, complementada con trabajos de laboratorio que caracterizan propiedades clave del suelo. Estos datos, obtenidos mediante pruebas rigurosas, son vitales para entender el comportamiento del suelo y son esenciales en la toma de decisiones para el diseño de cimientos, taludes y otras estructuras. Además, estos parámetros son cruciales para la clasificación del suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), permitiendo una comprensión más profunda de su idoneidad para propósitos específicos. (Narvaez et al, 2021)

En ese orden de ideas para Colombia la geotecnia es de suma importancia debido a la diversa geología, geomorfología, actividad tectónica, la gestión de desastres naturales, gestión de aguas, entre otros, aspectos que deben ser tenidos en cuenta en el marco de la planificación territorial y desarrollo de las regiones, por ello la empresa INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S. propone soluciones integrales fundamentadas con estudios técnicos, estudios de laboratorio y geofísica, para abordar los desafíos únicos del país y garantizar la sostenibilidad y seguridad de los proyectos cumpliendo con la ejecución de los procedimientos necesarios y los requerimientos de cada uno de los clientes u entidades. (Lozano et al, 2021)

La necesidad de la empresa INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S. en integrar a un geólogo o ingeniero geólogo como apoyo en proyectos geotécnicos, específicamente en el laboratorio de suelos y concretos, se debe ya que como profesional de las ciencias de la tierra, su papel es proporcionar información vital sobre la naturaleza y las características de los suelos y rocas en diferentes frentes de trabajo, este conocimiento apoya la caracterización esencial del subsuelo, en última instancia, esta integración fluida de la geología subyacente y la ingeniería es clave para el éxito y la estabilidad a largo plazo de las obras civiles (MacGregor, 2020).

Metodología

La metodología para el desarrollo de la pasantía es determinado por la empresa y el líder en laboratorio de la siguiente manera.

Para las actividades desarrolladas en laboratorio:

- Recepción de muestras y diligenciamiento de orden de servicio
- Almacenamiento y preparación de las muestras según las Normas y especificaciones de INVIAS 2013 plantee para realizar cada ensayo
- Ejecución de los ensayos determinados por el cliente, ya sean límites, determinación de tamaños, determinación de humedad, ensayo de compactación modificado, etc, el desarrollo de todos estos se encuentra regido por las Normas y especificaciones de INVIAS 2013. La ejecución se realizó en todo momento bajo la supervisión del líder de laboratorio y el equipo de trabajo.
- Durante la ejecución de cada ensayo en el laboratorio, se recopilan datos de manera meticulosa, registrándolos en el formato correspondiente. Al finalizar el ensayo, estos datos son digitalizados en una hoja de cálculo específica. Este proceso automatizado permite obtener automáticamente los parámetros previstos para cada ensayo, agilizando así el procesamiento de la información obtenida en el laboratorio. (Navarro et al, 2021)

Las actividades en campo fueron asignadas por los ingenieros como apoyo o supervisión de obras. Para estas actividades también se realiza un trabajo previo en oficina.

- Recopilación de la geología regional en un informe y mapa para la zonificación del proyecto.
- Según se requiera acompañamiento en tomas de geofísica por método de tomografía eléctrica o mediante una sísmica, supervisión de la correcta ejecución de ensayos SPT y exploración geotécnica por maquina rotaria, muestreo y descripción de suelo en campo según norma INV – 102 – 13.
- Se lleva a cabo el diligenciamiento y entrega de la cartera de campo, así como la recopilación de la geología regional, en formato Excel o Word según sea necesario.

Resultados y discusión

A continuación, una descripción breve de lo que fueron los ensayos realizados en laboratorio, en cuanto a los procedimientos de los mismos están contemplados en las normas y especificaciones de INVIAS 2013

Determinación del contenido de agua de muestras de suelo.

Este ensayo es la determinación en el laboratorio del contenido de agua, por masa de suelo o roca y mezclas de suelo agregado, propiedad importante que se emplea para hacer correlaciones con el comportamiento de los suelos, usada también en ecuaciones donde se tiene en cuenta el estado sólido, aire y agua del material. (Cristofani et al, 2021)

Determinación de los tamaños de las partículas.

Este ensayo, aunque básico y sencillo, tiene como objetivo la determinación cuantitativa de partículas mayores de 75 μm en un suelo. Se lleva a cabo a través de un proceso de tamizado, donde se registra el porcentaje de material retenido en cada tamiz según su peso, haciendo posible dibujar la curva granulométrica. Este procedimiento es fundamental para la caracterización del suelo, complementando la información obtenida a través de los límites de Atterberg. Además, sirve como guía para la realización de la gravedad específica de los suelos, consolidando así un enfoque integral en el análisis granulométrico del suelo.

Determinación de límite líquido y plástico.

Albert Atterberg definió seis límites de consistencia, frecuentemente en ingeniería solo se determinan el límite líquido y límite plástico de los suelos, los cuales fueron los desarrollados durante la práctica, estos ensayos realizados en laboratorio proporcionan información sobre el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de humedad. A su vez es esencial para la clasificación del suelo mediante la relación del límite líquido y el índice de plasticidad con la granulometría.

Determinación de la gravedad específica.

La gravedad específica de las partículas sólidas de los suelos empleando un picnómetro con agua, se define como la relación entre la masa de un cierto volumen de sólidos a una temperatura dada y la masa del mismo volumen de agua destilada y libre de gas a igual temperatura. La realización de este ensayo permite más adelante al ingeniero el cálculo de las fases de suelos, como la relación de vacíos y grado de saturación. (Rodríguez, 2019)

CBR.

Este ensayo describe el procedimiento para la determinación de la calidad de un material basándose en un índice de resistencia o capacidad portante de los suelos, sub-rasante, sub-base y base, la aplicación de este ensayo es para el diseño de pavimentos y ayuda a garantizar la durabilidad y estabilidad de las estructuras. El ensayo está proyectado para la evaluación de los materiales que contengan tamaños máximos de partículas de hasta 19mm (tamiz $\frac{3}{4}$ "), a diferentes niveles de humedad.

Ensayo modificado de compactación.

Los suelos y las mezclas de suelo-agregados utilizados como relleno en obras civiles requieren un nivel específico de compactación para garantizar un desempeño adecuado en términos de resistencia al corte, compresibilidad y permeabilidad. Con este propósito, se lleva a cabo el siguiente ensayo, el cual tiene como objetivo determinar la relación entre la humedad y el peso unitario seco de los suelos compactados con la finalidad de establecer el porcentaje de compactación y la humedad necesaria para alcanzar los comportamientos requeridos o humedad óptima.

Solidez de los agregados frente a la acción de soluciones de sulfato de sodio o de magnesio.

Esta norma describe el procedimiento a seguir para determinar la resistencia y aptitud de los agregados pétreos cuando deben soportar agentes atmosféricos, la intemperie en concretos u determinadas aplicaciones. Se logra sometiendo los agregados pétreos a soluciones de sulfato de magnesio y sodio, así determinado su resistencia a la acción de agentes atmosféricos, sin embargo, la precisión del ensayo es baja por lo que si el material no cumple las especificaciones requeridas no se descartara, sino que se realizaran ensayos más enfocados a la aplicación del mismo.

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Es esencial para desarrollar esta clasificación determinar previamente en el laboratorio el tamaño de partículas del suelo, índice de plasticidad, límite líquido, coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura. Este sistema sigue criterios específicos para asignar un grupo y símbolo según los resultados obtenidos en el laboratorio.

Tabla I. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

PARTICULAS PREDOMINANTES	DESCRIPCIÓN GENERAL	CARACTERÍSTICAS	SÍMBOLO DEL GRUPO	DENOMINACIÓN
Suelos con partículas gruesas	Grava con menos del 5% de finos	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien gradada
Suelos con partículas gruesas	Grava con menos del 5% de finos	$Cu < 4$ y/o $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal gradada
Suelos con partículas gruesas	Grava con 5% a 12% de finos limosos	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW - GM	Grava bien gradada con finos limosos
Suelos con partículas gruesas	Grava con 5% a 12% de finos limosos	$Cu < 4$ y/o $1 > Cc > 3$	GP - GM	Grava mal gradada con finos limosos
Suelos con partículas gruesas	Grava con 5% a 12% de finos arcillosos o arcillo-limosos	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW - GC	Grava bien gradada con finos arcillosos
Suelos con partículas gruesas	Grava con 5% a 12% de finos arcillosos o arcillo-limosos	$Cu < 4$ y/o $1 > Cc > 3$	GP - GC	Grava mal gradada con finos arcillosos
Suelos con partículas gruesas	Grava con más de 12% de finos	Los finos clasifican como ML o MH	GM	Grava limosa
Suelos con partículas gruesas	Grava con más de 12% de finos	Los finos clasifican como CL o CH	GC	Grava arcillosa
Suelos con partículas gruesas	Grava con más de 12% de finos	Los finos clasifican como CL-ML	GC-GM	Grava arcillo-limosa
Suelos con partículas gruesas	Arena con menos del 5% de finos	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien gradada
Suelos con partículas gruesas	Arena con menos del 5% de finos	$Cu < 6$ y/o $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal gradada
Suelos con partículas gruesas	Arena con 5% a 12% de finos limosos	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW - SM	Arena bien gradada con finos limosos
Suelos	Arena con 5% a 12% de finos	$Cu < 6$ y/o $1 > Cc > 3$	SP - SM	Arena mal gradada con

con partículas gruesas	limosos			finos limosos
Suelos con partículas gruesas	Arena con 5% a 12% de finos arcillosos o arcillo-limosos	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW - SC	Arena bien gradada con finos arcillosos
Suelos con partículas gruesas	Arena con 5% a 12% de finos arcillosos o arcillo-limosos	$Cu < 6$ y/o $1 > Cc > 3$	SP - SC	Arena mal gradada con finos arcillosos
Suelos con partículas gruesas	Arena con mas del 12% de finos	Finos como ML O MH	SM	Arena limosa
Suelos con partículas gruesas	Arena con mas del 12% de finos	Finos como CL o CH	SC	Arena arcillosa
Suelos con partículas gruesas	Arena con mas del 12% de finos	Finos como CL - ML	SC - SM	Arena arcillo- limosa
		IP < 4 o bajo la linea A	ML	Limo de baja compresibilidad
Suelos con partículas finas de	Inorganico	IP > 7 y simultaneamente en la linea A o por encima de esta	CL	Arcilla de baja compresibilidad
Suelos con partículas finas de	Inorganico	$4 \leq IP \leq 7$ y simultaneamente en la linea A o sobre esta.	CL - ML	Arcilla limosa
limite liquido <		$4 \leq IP \leq 7$ y simultaneamente en la linea A o sobre esta.	CL - ML	Arcilla limosa
limite liquido <		IP < 4 o bajo la linea A	OL	Limo organigo
50%	Organico	IP < 4 o bajo la linea A	OL	Limo organigo
50%	Organico	IP ≥ 4 , simultaneamente en la linea A o por encima de	OL	Arcilla organica
		ella	OL	Arcilla organica
Suelos con	Inorganico	Bajo la linea A	MH	Limo de alta compresibilidad
Suelos con	Inorganico	En la linea A o por encima de ella	CH	Arcilla de alta compresibilidad
partículas finas de		En la linea A o por encima de ella	CH	Arcilla de alta compresibilidad
limite liquido \geq	Orgánico <0,75	Bajo la linea A	OH	Limo organico

50%	Orgánico <0,75	Bajo la línea A	OH	Limo organico
50%	Orgánico <0,75	En la línea A o por encima de ella	OH	Arcilla orgánica

La participación en el desarrollo de los ensayos y descripciones de laboratorio no es exclusiva del practicante de ingeniería geológica ya que dependiendo de la disponibilidad del equipo de trabajo todos participan en las actividades para garantizar la eficiencia en el laboratorio.

A continuación, se dará una descripción de lo que fueron las actividades que se realizaron durante el periodo de oficina y descripción de las labores de exploración geotécnica en campo.

Recopilación Geológica.

En el ámbito de proyectos geotécnicos y estudios de suelos, es necesario llevar a cabo una identificación preliminar de la geología y la ubicación del área de estudio. Durante el período de práctica en la empresa, se observó que una contribución significativa se centró en la realización del marco geológico de los proyectos, esto implica realización de mapas geológicos regionales e informes que compilen el contexto geológico regional de los proyectos solicitados.

Ensayo de penetración estándar (SPT).

El ensayo de penetración estándar consiste en introducir un toma-muestras en el terreno mediante una tubería y aplicando la presión de una maza de 140lb, mediante este método se obtienen muestras alteradas o remoldeadas de suelos, estas muestras son propicias para determinar el contenido de humedad, realizar la identificación y clasificación del suelo (norma INV E-102), ensayos granulométricos y ensayos de gravedad específica. Igualmente, este ensayo permite caracterizar la resistencia del suelo mediante el conteo de golpes con la maza necesarios para introducir el toma-muestras de acero en el terreno.

Perforaciones mecánicas con broca y maquina rotaria.

Este método de perforación es comúnmente usado en exploraciones geológicas, mineras y en este caso para exploración geotécnica, eficaz para obtener información detallada de suelo al realizar el respectivo logueo de las muestras recuperadas y fundamental para la planificación de proyectos de construcción o mitigación de riesgos en obras civiles.

Descripción visual y manual de suelos.

Con base en el Sistema Unificado De Clasificación de Suelos se realiza esta descripción la cual es necesario aclarar que es de manera visual y manual para los suelos intactos o alterados. la información acá recopilada se usa para complementar los estudios geotécnicos y la clasificación del suelo obtenida en laboratorio. Aunque estalabor se realiza en campo no es exclusiva de este ya que las muestras que llegaban al laboratorio podian requerir tambien una descripción.

Salida de campo barrio La Cumbre

En el marco de esta labor de campo, la empresa delega un Ingeniero civil y al practicante de Ingeniería Geológica Gustavo Eduardo Chávez, con el fin de realizar exploración geotécnica.

La exploración geotecnica en esta salida consistió en la realización de las siguientes actividades acompañadas posteriormente por ensayos para la caracterización del suelo en laboratorio

- Apoyo a la toma de sísmica y tomografía eléctrica.
- Registro fotográfico.
- Realización de 5 sondeos SPT.
- Muestreo y descripción de suelos.



Figura 1. Línea de sísmica y tomografía eléctrica.

Para culminar con el aporte en esta salida de campo se hace entrega de un documento Word donde se registran las descripciones y registro fotográfico de las diferentes muestras tomadas por los sondeos SPT.

Salida de campo Puente Navas

En el marco de este proyecto, la empresa asumió el rol de contratista encargada de llevar a cabo las labores de exploración geotécnica mediante el uso de una máquina rotaria, ensayo SPT así como la realización de muestreo de suelos y ensayos de laboratorio. Para el acompañamiento de la obra, la empresa designó a Gustavo Eduardo Chávez Rozo. El proyecto, que abarcó un período de 12 días, se desarrolló con el objetivo de obtener información detallada sobre las características geotécnicas del terreno, brindando una base crucial para la planificación y ejecución de futuras etapas del proyecto.

Durante esta salida de campo las labores del practicante fueron:

- Muestreo y descripción de los suelos obtenidos en los dos sondeos realizados
- Registro fotográfico



Figura 2. Muestreo de material.



Figura 3. Máquina rotaria.

Al final de esta actividad se digitaliza la cartera de campo, en la que se registra, las muestras, profundidades de perforación, descripciones, fotografías de las muestras.

Recomendaciones

Se recomienda estandarizar los procedimientos para la elaboración de mapas geológicos e informes técnicos, estos permiten garantizar la consistencia al momento de presentar los resultados y su entendimiento.

Conclusión

La aplicación adecuada de las normas y especificaciones establecidas por INVIAS – 2013 es imprescindible para la correcta ejecución de los ensayos en laboratorio como en campo, así obteniendo una caracterización apropiada para los diferentes tipos de suelos, con resultados confiables y representativos, fundamentales para comprender las propiedades geotécnicas y aplicarlas al ámbito ingenieril.

El enfoque colaborativo al momento de realizar el marco geológico permitía personalizar la visualización del área de interés, destacando unidades litológicas específicas y proporcionando un contexto geológico adaptado a los objetivos del proyecto. Además, al estar bajo la supervisión del ingeniero, se aseguraba que la adaptación se alineara con las metas y requisitos específicos del proyecto, brindando un valioso recurso visual que respaldaba la planificación y ejecución efectiva de las actividades de campo.

La descripción mediante proceso manual y visual de las muestras ya sea en campo o laboratorio permite un acercamiento al material como también permite clasificar las muestras en unidades homogéneas, así permitiendo limitar la cantidad de ensayos de laboratorio a realizar.

La clasificación de los suelos mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) se complementa junto con la clasificación visual y manual para obtener un reconocimiento y caracterización más precisa y completa del suelo, lo cual permite al ingeniero civil tomar sus decisiones basadas en la clasificación.

La empresa INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S facilita la aplicación de los conceptos adquiridos a lo largo de la carrera a través de los ensayos de laboratorio y descripciones realizadas, a su vez genera adquisición de experiencias mediante trabajo de campo.

Referencias

- MacGregor Torrado, A., Gallarda Amaya, R. J., y Yulady Jaramillo, H. (2020). Caracterización de suelos de subrasante mediante el uso del penetrometro dinámico de cono (PDC): Characterization of subsoil soils by using of dynamic cone penetrometer (DCP). *Respuestas*, 25(S2), 59–68. <https://doi.org/10.22463/0122820X.2303>
- Ward, D.E., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, H. y Gómez, E, Mapa Geológico de Colombia. Cuadrángulo H 12 Bucaramanga. Plancha 109 Rionegro, Plancha 120 Bucaramanga. Cuadrángulo H-13 Pamplona, plancha 110 Pamplona y plancha 121 Cerrito. Escala 1:100.000. INGEOMINAS, Versión año 1973.
- INVIAS, Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras y Especificaciones Generales de Construcción, 2013
- Terzaghi, K. *Theoretical Soil Mechanics*. Wiley, New York. (1943)
- Ward, D.E., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, H. y Gómez, E, Geología de la Plancha 65 Tamalameque - Departamentos de Cesar y Bolívar. INGEOMINAS Versión año 1996.
- Sánchez Duarte, J. A., Contreras, M. A., & Torres, J. A. (2020). Caracterización geotécnica del subsuelo en el relleno sanitario regional “La Cortada”, Pamplona (Norte de Santander) a partir de datos geofísicos. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, 2(36), 9-17. <https://doi.org/10.24054/rcta.v2i36.15>
- Narváez-Ortega, M. S., Sánchez-Molina, J., & Sánchez-Zúñiga, J. V. (2021). Diseño de producto cerámico de baja transmitancia térmica para sistemas de mampostería en clima cálido tropical. *Mundo FESC*, 11(S5), 282–291. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1032>
- Lozano-Rivera, D., Carrascal-Lozano, M. C., Hernández-Álvarez, Y., & Yazo-Gallardo, C. A. (2022). Optimización del proceso de gestión administrativa en obras civiles del sector construcción en el municipio de Aguachica Cesar. *Mundo FESC*, 12(S2), 82–91. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1157>
- Navarro-Claro, G. T., Bayona-Soto, J. A., & Pacheco-Sánchez, C. A. (2021). Seguridad y salud en el trabajo en el sector de la construcción. *Mundo FESC*, 11(S5), 108–120. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1015>
- Cristofani, M. A., González-Mendoza, J. A., & Vergel-Ortega, M. (2021). Reorganización empresarial de la industria cerámica de Norte de Santander, ante el cierre de la frontera colombo-venezolana. *Mundo FESC*, 11(S4), 56–70. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.933>
- Doria Alvarez, A., & Orozco Ospino, J. (2020). Evaluación de propiedades físico-químicas y mecánicas del adobe elaborado con cal para su uso en la construcción sostenible. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, 1(35), 89-94. <https://doi.org/10.24054/rcta.v1i35.47>
- Rodríguez Uparela, L. A. (2019). Gestión estratégica contable y financiera en Colombia. *Revista Investigación y Gestión*, 2(1), 32–47. <https://doi.org/10.22463/26651408.3748>