

PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA ALIANZA CONSULTORA &
INGENIERÍA S.A.S. COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL ÁREA DE
GEOTECNIA

NIKOL DAYANNA BARRIOS BELTRAN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2021

PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA ALIANZA CONSULTORA &
INGENIERÍA S.A.S. COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL ÁREA DE
GEOTECNIA

NIKOL DAYANNA BARRIOS BELTRAN

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director

Elkin Mauricio López Morantes

MSc en Ingeniería Estructural e Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2021

DEDICATORIA

A Dios por darme salud, inteligencia y las habilidades necesarias para llevar a cabo este proceso de formación profesional e integral, por darme gracia ante las situaciones difíciles que se presentaron, a Él le debo todo lo que soy y tengo hasta ahora, toda la honra y gloria sea para él.

A mis padres Johanna Teresa Beltran Gil y Liborio Barrios Escalante, principalmente por inculcarme valores y principios para ser una mejor persona, por apoyarme en cada meta que me propongo y ser los principales patrocinadores de estas. Especialmente este triunfo es para mi mamá, quien ha dado todo su amor, comprensión y ha sacrificado todo por sus hijos, y hacer de ellos unas mejores personas para el mundo, este logro es para ti y espero cada día hacerte una madre muy feliz y orgullosa de tu hija, te amo.

A mi hermano Andrés por su comprensión y apoyo en cada etapa de mi vida, a mi hermano Luis Felipe porque al llegar a casa siempre me esperaban sonrisas, besos y abrazos, y quiero que sepas que, aunque aún estas pequeño todo lo hago por ti y junior quiero que estén orgullosos de mí.

A los profesores participes en mi formación académica, gracias por todo el conocimiento brindado y experiencias que me hicieron crecer como profesional integra.

A todos mis amigos por ser una parte importante de mi vida y del proceso, gracias por todas las experiencias que compartimos.

AGRADECIMIENTOS

Primero, le quiero dar gracias a Dios, por permitirme vivir esta experiencia tan lucrativa la cual fue estudiar en la Universidad Industrial de Santander, ya que esta me formo intelectualmente, y me permitió experimentar situaciones con las cuales fortalecí cualidades como la responsabilidad, disciplina, trabajo en equipo, entre otras. También agradezco porque más allá de formarme en el ámbito profesional, me hicieron una mejor persona.

A mi mamá en especial quiero agradecer, porque me apoyo en cada paso de mi formación profesional, me dio la confianza, y responsabilidad para cumplir con mis deberes como estudiante. Por supuesto agradezco a mi padre, quien ha estado brindándome apoyo en cada escalón que subía para cumplir esta meta. A mi hermano Andrés, quien siempre estaba dándome apoyo y escuchándome en cada situación que se presentaba a lo largo de este proceso. Y a mi hermano Luis Felipe, porque, aunque es de poca edad, siempre entendía cuando estaba ocupada estudiando, y con una sonrisa me decía que jugábamos cuando tuviera tiempo. Es por ellos, por lo que cada día estoy en constante mejora, y quiero que se sientan orgullosos de su hermana, y me vean como un ejemplo a seguir.

A Juan por llegar nuevamente a mi vida, y hacer parte de este proceso, por el apoyo tan grande que me dio, por estar para mí cuando nadie más lo estaba, por escucharme y por ayudarme cada vez que lo necesitaba.

Agradezco a mis compañeros de carrera y amigos que hice durante mi formación profesional, pues ellos fueron un factor fundamental en cada paso avanzado.

También agradezco a mi director de práctica el profesor Elkin Mauricio, por apoyarme y guiarme en esta etapa. A mi tutor el geólogo José Neyith, por confiar en mis aptitudes, e influir en una mejora como profesional. A todo el equipo de trabajo de ALICON S.A.S, por la ayuda brindada durante el transcurso de la práctica.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. OBJETIVOS.....	13
1.1 OBJETIVO GENERAL	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	14
3. MARCO TEÓRICO	15
3.1 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS	15
3.1.1 Ensayos de campo.	15
3.1.1.1 Ensayos SPT (Standar Penetration Test).	15
3.1.1.2 Obtención de muestras de suelo mediante tubos de pared delgada.	16
3.1.2 Ensayos de laboratorio.	16
3.1.2.1 Límites de Atterberg.....	16
3.1.2.2 Granulometría.	18
3.1.2.3 Ensayo de Corte Directo.....	18
3.1.3 Caracterización sísmica.....	19
3.1.3.1 Características Sísmicas.....	19
3.1.3.2 Perfil del suelo definido por norma.....	20
3.1.3.3 Cálculo del Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño.	20
3.1.4 Capacidad Portante.	21
3.1.4.1 Terzaghi (1943).....	21
3.1.4.2 Meyerhof (1956) modificada por Bowles (1977).	22
3.1.5 Asentamientos.	23
3.1.6 Estabilidad de Taludes.....	24
3.1.6.1 Método de análisis de estabilidad empleando equilibrio limite.....	24
3.1.6.2 Superficie falla.	24
3.1.6.3 Factor de seguridad.	24

3.1.7 Informes geotécnicos.....	25
4. METODOLOGÍA	26
4.1 FASE 1, VINCULACIÓN, CAPACITACIÓN Y ASIGNACIÓN DE ACTIVIDADES A REALIZAR	26
4.2 FASE 2, RECONOCIMIENTO DE LOS PROYECTOS O ACTIVIDADES ASIGNADAS	27
4.3 FASE 3, EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL	27
5. PROYECTOS	30
5.1 PROYECTOS DE EDIFICACIONES.....	30
5.1.1 Bodega San Gil 1.....	30
5.1.2 Ruitoque Bajo.	33
5.2 PROYECTOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	35
5.2.1 Cacique Tamacara.....	35
5.2.2 Santa Helena.	40
5.2.3 Gruta Parte Baja.	45
6. PRINCIPALES APORTES	52
6.1 MANUAL DYNAMIC PROBING.....	52
6.2 MANUAL SLIDE-ROC SCIENCE.....	53
6.3 HOJAS DE CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE	53
7. CONCLUSIONES	55
BIBLIOGRAFÍA.....	60

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Logo Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S	14
Figura 2. Curva de fluidez.....	17
Figura 3. Curva de distribución de tamaño de partícula.....	18
Figura 4. Esquema del ensayo del corte (a) sencillo y (b) del corte doble.....	19
Figura 5. Espectro de Diseño.....	21
Figura 6. Ecuación mejorada para el cálculo del asentamiento elástico.....	23
Figura 7. Actividades de la práctica empresarial.....	26
Figura 8. Metodología usada para la exploración geotécnica.....	28
Figura 9. Diagrama de las sub-fases de la fase 4, oficina.	29
Figura 10. Localización del proyecto.....	31
Figura 11. Asentamientos en Plaxis 3D Foundation.	32
Figura 12. Localización del proyecto.....	33
Figura 13. Asentamientos en Plaxis 3D Foundation.	34
Figura 14. Localización del proyecto.....	35
Figura 15. Problemática presentada en el sitio.	36
Figura 16. Modelo estabilidad Perfil 1 (Escenario 4).....	38
Figura 17. Localización del proyecto.....	41
Figura 18. Problemáticas.	41
Figura 19. Modelo estabilidad Perfil 1 (Escenario 3).....	44
Figura 20. Localización del proyecto.....	45
Figura 21. Problemáticas.	46
Figura 22. Ubicación secciones transversales para análisis estabilidad.....	48
Figura 23. Modelo estabilidad Perfil 2 (Escenario 4).....	49
Figura 24. Manual Software Dynamic Probing.....	52
Figura 25. Manual Software SLIDE.....	53
Figura 26. Hoja de cálculo.	54

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Corrección por confinamiento o profundidad	23
Tabla 2. Ensayos de campo.....	31
Tabla 3. Ensayos de laboratorio.	32
Tabla 4. Ensayos de campo.....	36
Tabla 5. Ensayos de laboratorio.	37
Tabla 6. Parámetros asumidos para el modelamiento.....	37
Tabla 7. Resumen de factores de seguridad determinados.....	39
Tabla 8. Resumen de obras de prevención.	40
Tabla 9. Parámetros asumidos para el modelamiento.....	42
Tabla 10. Resumen de obras de prevención.	44
Tabla 11. Ensayos de campo.....	46
Tabla 12. Ensayos de laboratorio.	47
Tabla 13. Parámetros asumidos para el modelamiento.....	48
Tabla 14. Resumen de factores de seguridad determinados.....	49
Tabla 15. Resumen de obras de prevención.	51

LISTA DE ANEXOS

Los anexos están adjuntos y pueden visualizarlos en la base de datos de la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

Anexo A. Metodología para las Sub-fases de los proyectos de edificaciones.

Anexo B. Metodología para las Sub-fases de los proyectos de estabilidad de taludes.

Anexo C. Manual básico Dynamic Probing.

Anexo D. Manual básico Slide.

RESUMEN

TÍTULO: PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA ALIANZA CONSULTORA & INGENIERÍA S.A.S. COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL ÁREA DE GEOTECNIA*

AUTOR: NIKOL DAYANNA BARRIOS BELTRAN**

PALABRAS CLAVE: PRÁCTICA EMPRESARIAL, SONDEOS, ENSAYOS DE SUELO, CARACTERIZACIÓN, RESULTADOS DE LABORATORIO, INFORMES GEOTÉCNICOS, DISEÑO DE OBRAS GEOTÉCNICAS

DESCRIPCIÓN: El presente artículo tiene como fin describir las actividades ejecutadas como auxiliar de ingeniería civil en el área de geotecnia durante la práctica realizada en la empresa ALIANZA CONSULTORA & INGENIERÍA S.A.S. Para la elaboración de dichas labores fue necesario el conocimiento adquirido durante la formación profesional y metodologías empleadas en la empresa, pues así se realizaban de forma eficaz los procesos. Las actividades realizadas se enfocaron en dar apoyo para el análisis, interpretación y presentación de resultados de laboratorio, con el fin de dar una acertada caracterización a las muestras de suelo analizadas en los diferentes proyectos, apoyo en diseño geotécnico relacionado con los diferentes estudios que elabora la firma, además de participar en los informes geotécnicos. De igual manera se menciona la información de la empresa, marco teórico, metodología para cada una de las labores desarrolladas durante la práctica empresarial. Se exponen los proyectos en los que se trabajó, los cuales fueron cinco divididos en dos categorías, también se nombran los aportes y por último pueden ver las conclusiones, en donde se comprueba un adecuado desarrollo de la práctica empresarial, enfrentándose a la realidad del campo laboral, y profesional, afianzando aquellos conocimientos adquiridos durante la formación profesional y personal.

*Trabajo de grado

** Facultad de Ingeniería Físicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Elkin Mauricio López Morantes MSc en Ingeniería Estructural e Ingeniería Civil.

ABSTRACT

TITLE: PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA ALIANZA CONSULTORA & INGENIERÍA S.A.S. COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL ÁREA DE GEOTECNIA*

AUTHOR: NIKOL DAYANNA BARRIOS BELTRAN**

KEY WORDS: BUSINESS PRACTICE, SURVEYS, SOIL TESTS, CHARACTERIZATION, LABORATORY RESULTS, GEOTECHNICAL REPORTS, DESIGN OF GEOTECHNICAL WORKS.

DESCRIPTION: The purpose of this article is to describe the activities carried out as a civil engineering assistant in the geotechnical area during the practice carried out in the company ALIANZA CONSULTORA & INGENIERÍA S.A.S. In order to carry out these tasks, the knowledge acquired during the professional training and the methodologies used in the company was necessary, as this was how the processes were carried out efficiently. The activities carried out were focused on providing support for the analysis, interpretation and presentation of laboratory results, in order to give an accurate characterization to the soil samples analyzed in the different projects, support in geotechnical design related to the different studies that it elaborates. the firm, in addition to participating in geotechnical reports. In the same way, the information of the company, theoretical framework, methodology for each of the tasks carried out during the business practice are mentioned. The projects that were worked on are exposed, which were five divided into two categories, the contributions are also named and finally the conclusions can be seen, where an adequate development of business practice is verified, facing the reality of the field labor, and professional, consolidating the knowledge acquired during professional and personal training.

* Degree work

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Elkin Mauricio López Morantes Msc in Structural Engineering and Civil Engineering.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Braja Das¹. La geotecnia es un área que se encarga del estudio de las propiedades geomecánicas, hidráulicas e ingenieriles del suelo.

Al realizar un estudio geotécnico adecuado se pueden identificar problemas, definir medidas y recomendaciones de obras ingenieriles. La Universidad Industrial de Santander² da la oportunidad de realizar el proyecto de grado por medio de una modalidad llamada práctica empresarial, esta es una experiencia académica en la cual el estudiante entra en contacto con el mundo laboral, en la cual aplica y fortalece competencias personales y profesionales. El estudiante cumplió y desarrolló cada una de las actividades a su cargo, de forma responsable y ética.

En el presente artículo se evidencian los proyectos en los que se trabajó y metodologías utilizadas durante el período de ejecución de la práctica empresarial.

¹ B. M. DAS, Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones (7a ed), México, F.G: Cengage Learning, 2012.

² UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, «Reglamento Académico-Estudiantil,» pp. Vol. 1982, no. 72. 2015.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar práctica empresarial como auxiliar de Ingeniería Civil en la empresa ALIANZA CONSULTORA & INGENIERÍA S.A.S. llevando a cabo actividades remotas relacionadas con la geotecnia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Apoyar las actividades de análisis, interpretación y presentación de los resultados de laboratorio, para la caracterización de las muestras de suelo analizadas en los diferentes proyectos.

Realizar labores de apoyo en las actividades de diseño geotécnico relacionadas con los diferentes estudios que realice la firma.

Participar en la elaboración de informes geotécnicos, donde se evidencia el análisis, interpretación y toma de decisiones en la búsqueda de alternativas constructivas, con base en los resultados de los estudios realizados para cada proyecto.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

“ALICON & ING. S.A.S, es una empresa que presta servicios profesionales en las diferentes áreas de la consultoría ambiental, minera, geológica, geotécnica, Gestión del riesgo & en Gestión Territorial, en los sectores de la minería, Construcción y diseño de obras civiles.”³

En la Figura 1, se presenta el logo de la empresa que permite identificarla.

Figura 1. Logo Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S



Fuente. Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S

³ «ALICON & ING. S.A.S,» [En línea]. Available: <https://aliconingenieria.com/>.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

Para llevar a cabo un estudio geotécnico es necesario realizar exploración geotécnica, ensayos de campo y laboratorio, identificar problemas de la zona de estudio, recomendar y diseñar obras de prevención y entrega de informe donde se consigne todo el estudio.

Dentro de la empresa ALICON & ING. S.A.S se llevan a cabo las siguientes actividades para un estudio geotécnico:

3.1.1 Ensayos de campo. En todo proyecto geotécnico, es necesario aplicar la exploración geotécnica, con el fin de realizar pruebas de campo, que permitan identificar el tipo de suelo existente en la zona de estudio, y diferentes tipos de suelo (si los hay), para facilitar la estratificación. Dentro de la empresa se realizan los siguientes ensayos.

3.1.1.1 Ensayos SPT (Standar Penetration Test). Este procedimiento es realizado en la exploración geotécnica, se encuentra en la (INV E 111-13 SPT), la cual consiste en penetrar la corteza terrestre con un muestreador de tubo partido, con el fin de obtener una muestra representativa del suelo y una medida de la resistencia de este mismo. En el ensayo de penetración estándar⁴ se registra el número de golpes requeridos para efectuar cada 0.15 m (6") de penetración o de la fracción correspondiente.

⁴ INVIAS, «Ensayo de penetración normal y muestreo con tubo partido de los suelos,» INV E-111-13, 2013.

3.1.1.2 Obtención de muestras de suelo mediante tubos de pared delgada. La norma (INV E-105-13 reemplaza la norma INV E-105-07)⁵, la cual describe el procedimiento para realizar apiques, en donde se usa un tubo metálico de pared delgada y se obtienen muestras inalteradas, con el fin de realizar ensayos de laboratorio al suelo, para obtener los parámetros necesarios para un estudio, diseño entre otros.

3.1.2 Ensayos de laboratorio. Son pruebas realizadas con equipos especiales y por un laboratorista, para la caracterización de un suelo, los más usados son los siguientes:

3.1.2.1 Límites de Atterberg. Los suelos cambian de consistencia de acuerdo con el porcentaje de cantidad de agua que contenga la muestra, estos permiten caracterizar el comportamiento de los suelos finos.

- **Límite Líquido**

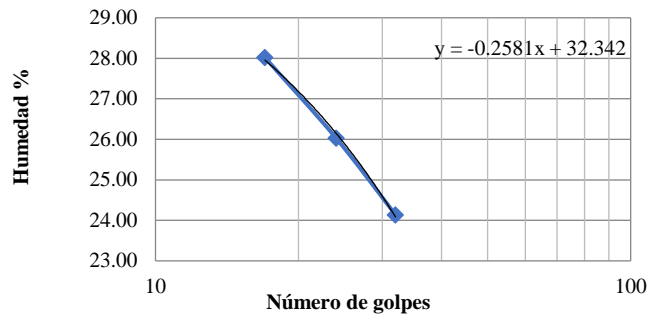
Es el porcentaje de humedad en el que el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. La norma INV. E 125 – 13 ⁶, describe el procedimiento a seguir para el ensayo.

Uno de los resultados obtenidos del ensayo es la curva de fluidez Figura 2, que representa la relación entre el contenido de humedad y el número de golpes de la cazuela de casa grande. Y de esta se obtiene el límite líquido.

⁵ INVIAS, «Obtención de muestras de suelo mediante tubos de pared delgada,» INV E-105-13, 2013.

⁶ INVIAS, «Determinación del límite líquido de los suelos,» INV E-125-13, 2013.

Figura 2. Curva de fluidez.



- **Límite Plástico**

El contenido de humedad en el que el suelo cambia de un estado plástico a uno semisólido se define como límite plástico. También hace referencia al contenido de humedad en el que el suelo se agrieta al formar un rollito de 3.20 mm de diámetro, en la norma INV E 126-13 ⁷, se explica el procedimiento detalladamente.

- **Índice de plasticidad**

Es el rango del contenido de humedad en el que el suelo se comporta plásticamente, la descripción del procedimiento a seguir se encuentra en la norma INV. E – 126 – 13 Límite plástico e índice de plasticidad.

El cálculo del índice de plasticidad ver Ecuación 1, consiste en la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$IP = LL - LP$$

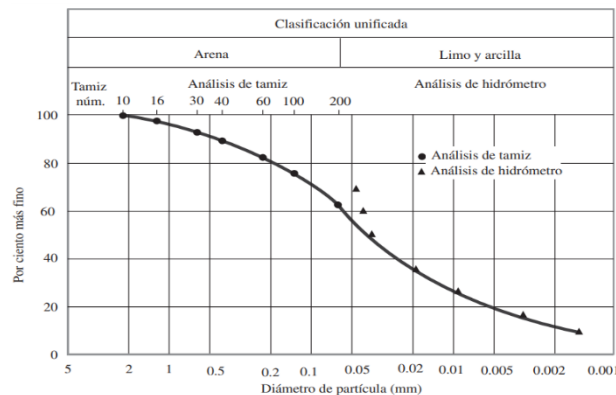
Ecuación 1

⁷ INVIAS, «Límite Plástico e Índice de plasticidad de suelos,» INV E-126-13, 2013.

3.1.2.2 Granulometría. De acuerdo con la norma INV E-123-13⁸, describe el procedimiento de esta prueba, que lleva como título Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos. La cual consiste en determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 μm (No.200).

Para así obtener la curva granulométrica, ver Figura 3.

Figura 3. Curva de distribución de tamaño de partícula.



Fuente. Braja.M. Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica.

De la cual se obtienen los porcentajes de grava, arena y finos. Y así mismo los coeficientes de uniformidad y curvatura que permiten dar una adecuada interpretación a la gradación del suelo.

3.1.2.3 Ensayo de Corte Directo. De acuerdo con la norma INVIAS⁹, la finalidad de los ensayos de corte es determinar la resistencia de una muestra de suelo consolidada y drenada (ángulo de fricción y cohesión), sometida a fatigas y/o deformaciones que sean similares a las que existen o tendrá el terreno, producto de

⁸ INVIAS, «Análisis granulométrico de suelos por tamizado,» INV E-123-13, 2013.

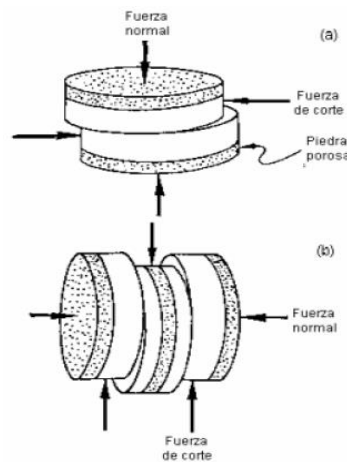
⁹ INVIAS, «Ensayo de corte directo en condición consolidada drenada,» INV E-154-13, 2013.

la aplicación de una carga, para identificar geotécnicamente los diferentes materiales que presenta la zona.

El ensayo se podrá hacer con un corte sencillo o un corte doble como se evidencia en la Figura 4.

La norma que describe el procedimiento para realizar el ensayo es la INV E – 154 – 13 Ensayo de corte directo en condición consolidada drenada.

Figura 4. Esquema del ensayo del corte (a) sencillo y (b) del corte doble.



Fuente. I.N.V.E-154-07.

3.1.3 Caracterización sísmica. Es realizada con base en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10 Capítulo A)¹⁰.

3.1.3.1 Características Sísmicas. Se encuentran establecidos en el Apéndice A-4 de la Norma Sismo Resistente (NSR-10), adicionalmente en el mismo documento

¹⁰C. A. P. P. E. R. D. C. S. resistentes, «Reglamento Colombiano Construcción Sismo Resistente,» NSR-10, p. Título A, 2010.

(Pagina A-153 a A-174), se encuentra una tabla con los valores A_a , A_v , A_e , A_d y definición de la zona de amenaza sísmica (alta, media, baja) de los municipios, para diferentes departamentos de Colombia.

3.1.3.2 Perfil del suelo definido por norma. De acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla A.2.4-1. o Tabla A.2.4-2. Existen seis tipos de perfil de suelo posibles.

Para obtener el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil de suelo de acuerdo con la norma NSR-10, se debe calcular aplicando la formula A-2-4-2, que se puede utilizar indistintamente para cualquier tipo de suelo cohesivo y no cohesivo.

3.1.3.3 Cálculo del Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño. A partir de los coeficientes de aceleración horizontal pico efectiva Pseudo estática y velocidad horizontal pico efectivo (A_a y A_v) determinados por norma y el tipo de perfil de suelo, se pueden obtener los valores de los coeficientes F_a y F_v , según la Tabla A.2.4-3 y Tabla A.2.4-4. Y el valor del coeficiente de importancia, tal como lo indica la sección A.2.5 y A.2.5.2 de la norma. Con el fin de calcular el espectro de diseño como en la Figura 5.

Figura 5. Espectro de Diseño.

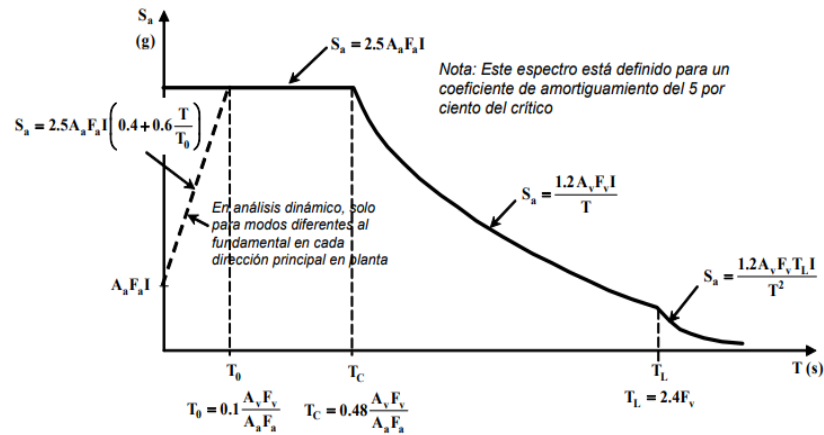


Figura A.2.6-1 — Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g

Fuente. NSR-10.

3.1.4 Capacidad Portante. La capacidad de carga en un suelo es definida como la presión que puede soportar el suelo antes de presentar una falla la cimentación. Para definir dicha presión por métodos empíricos y racionales que relacionan la profundidad optima de cimentación, es necesario contar con las propiedades geomecánicas del suelo (peso específico, cohesión, ángulo de fricción) y parámetros obtenidos durante el SPT y/o apiques para determinar la capacidad de carga.

3.1.4.1 Terzaghi (1943). Fue el primero en dar una teoría para evaluar la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales, terzaghi planteo su teoría para una cimentación continua o corrida con el tipo de falla general por corte, pero después realizó modificaciones, de modo que varió su geometría permitiendo así que la cimentación pudiera ser de tipo circular, continua o cuadrada para suelos que presentan falla local por corte.

3.1.4.2 Meyerhof (1956) modificada por Bowles (1977). La ecuación establecida por Meyerhof (1956)¹¹ da valores conservadores, por lo que Meyerhof en 1965 sugirió que la presión de carga admisible neta debería incrementarse aproximadamente un 50 %. Bowles (1977) hizo una ecuación modificada, a partir de correlación para la presión de carga neta admisible en cimentaciones con la resistencia de penetración estándar corregida (N_{corr}), para 1 pulgada (2.54 cm) de asentamiento máximo estimado.

El valor del N (golpes/pie) de penetración estándar obtenida en los ensayos, se debe corregir por energía (C_e) y por profundidad (C_d) para emplear la ecuación de Meyerhof modificada por Bowles, como se ve en la Ecuación 2.

$$N_{corr} = C_e * C_d * N_{60}$$

Ecuación 2

- **Corrección por energía**

Para definir este coeficiente de corrección por energía se empleó el criterio de Tokimatsu y Seed 1987¹², el cual dice que para un sistema de polea y de pesa con hueco circular, el coeficiente es de 0.75.

¹¹ B. M. DAS, Principios de Ingeniería de Cimentaciones (4a ed), México: International Thomson Editores, 2001.

¹² K. Y. S. H. B. TOKIMATSU, Simplified Procedures for the Evaluation of Settlements in Clean Sands., Earthquake Engineering Research Center report No. UCB/EERC -84/16, University California Barkeley, 1984.

- **Corrección por confinamiento**

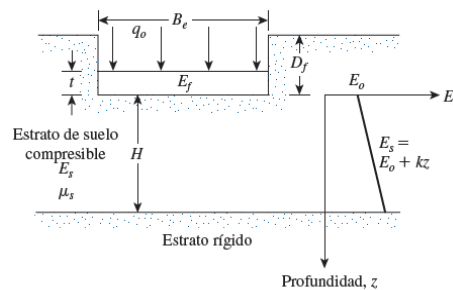
Se emplea el criterio de Tokimatsu y Seed 1987. El cual se evidencia en la Tabla 1.

Tabla 1. Corrección por confinamiento o profundidad

Prof. (m)	Cd
Menos de 1.5	1.60
2.0	1.50
3.0	1.35
4.0	1.20
5.0	1.00
10.0	0.70
15.0	0.55
20.0	0.50

3.1.5 Asentamientos. Ecuación mejorada de Mayne & Poulos (1999), la razón por la que se usa este método es porque tiene en cuenta factores como la rigidez del cimiento (E_f), la profundidad de desplante (D_f), espesor de la cimentación (t) y el diámetro equivalente (B_e). Estas variables se ven en la Figura 6.

Figura 6. Ecuación mejorada para el cálculo del asentamiento elástico.



Fuente. NSR-10.

3.1.6 Estabilidad de Taludes. En este capítulo se cita el autor Jaime Suárez¹³, estudia la estabilidad o inestabilidad de un talud, en el momento de llevar a cabo un proyecto ingenieril.

3.1.6.1 Método de análisis de estabilidad empleando equilibrio límite. La teoría de equilibrio límite supone que, en el caso de generarse un movimiento en masa, las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de toda la superficie de falla, y equivalentes a un factor de seguridad 1.0.

El análisis se puede realizar estudiando directamente la totalidad de la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa deslizada en tajadas o dovelas. Generalmente, los métodos son iterativos y cada uno ofrece diferentes grados de precisión. Algunos de estos métodos son Bishop, Janbu, Spencer.

3.1.6.2 Superficie falla. Se utiliza la suposición de que la falla de un talud se produce a lo largo de un plano cuando el esfuerzo medio de corte que tiende a causar el deslizamiento es mayor que la resistencia del suelo al corte.

3.1.6.3 Factor de seguridad. El factor de seguridad se emplea para conocer cuál es la amenaza frente a una posible falla del talud, este factor se puede presentar como la relación calculada entre la resistencia al corte real del material en el talud, y los esfuerzos cortantes críticos que tratan de producir la ruptura, a lo largo de una superficie supuesta.

¹³ J. SUÁREZ, Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales, Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, 1998.

3.1.7 Informes geotécnicos. Con los datos obtenidos en campo y laboratorio, problemáticas, y otros componentes, se realiza la redacción del informe geotécnico, el cual es un entregable para el estudio, en donde se ven evidenciados los siguientes contextos geológico, propiedades geotécnicas del suelo, y recomendaciones de diseño y constructivas.

4. METODOLOGÍA

En el marco del desarrollo de la práctica empresarial, se plantearon las siguientes fases, las cuales fueron supervisadas y dirigidas por parte del tutor.

4.1 FASE 1, VINCULACIÓN, CAPACITACIÓN Y ASIGNACIÓN DE ACTIVIDADES A REALIZAR

Se suministra al practicante la información necesaria con respecto a los trámites del proceso de vinculación como contrato, seguro médico y demás. Se realiza una inducción en donde se explican temas como las políticas, normas y procedimientos ante cualquier situación que se presente en la empresa. A continuación, en la Figura 7, se listan las actividades asignadas al practicante:

Figura 7. Actividades de la práctica empresarial.

ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL	
1	Procesamiento y síntesis de los resultados obtenidos a partir de ensayos de laboratorio y campo.
2	Clasificación de las muestras analizadas de la zona de estudio, mediante el método SUCS, y realizar el análisis geotécnico correspondiente de los resultados.
3	Caracterización sísmica de la zona de estudio, con base en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10 Capítulo A), para cada proyecto existente.
4	Clasificación del perfil de suelo existente en el área de estudio, con base en (NSR-10) y en los resultados de la exploración geotécnica del subsuelo por medio de ensayos de penetración estándar (INV E 111-13 SPT).
5	Cálculos de capacidad portante para cimentaciones superficiales o profundas según lo necesite el proyecto, por medio de los resultados en los ensayos de campo y laboratorio. Así mismo cálculo de asentamientos inmediatos.
6	Apoyo en el diseño de cimentaciones y/o obras ingenieriles para la estabilización de taludes, orientado y supervisado por el ingeniero estructural o tutor.
7	Manejo de softwares (Dynamic Probing, Plaxis 3D Foundation, Geo-Slope, Novo SPT).
8	Participación en la elaboración de informes geotécnicos.

4.2 FASE 2, RECONOCIMIENTO DE LOS PROYECTOS O ACTIVIDADES ASIGNADAS

Durante esta fase el estudiante se afianzó de las metodologías usadas para las actividades a desarrollar y normatividad vigente (NSR10, INVIAS), también aprendió el uso de los diferentes softwares implementados en la empresa, y adquirió la información de los proyectos asignados por la empresa.

A continuación, se nombran los proyectos desarrollados por el practicante.

- Bodega San Gil 1
- Ruitoque Bajo
- Cacique Tamacara
- Santa Helena Floridablanca
- Gruta parte baja

4.3 FASE 3, EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

Un estudio geotécnico se encuentra compuesto por 4 fases, ver Figura 8. Las primeras 3 fases dan los insumos necesarios para la realización de la cuarta fase, en la cual, el estudiante desarrolló las actividades listadas en la Figura 7, para las cuales fue fundamental el acompañamiento y guía del tutor.

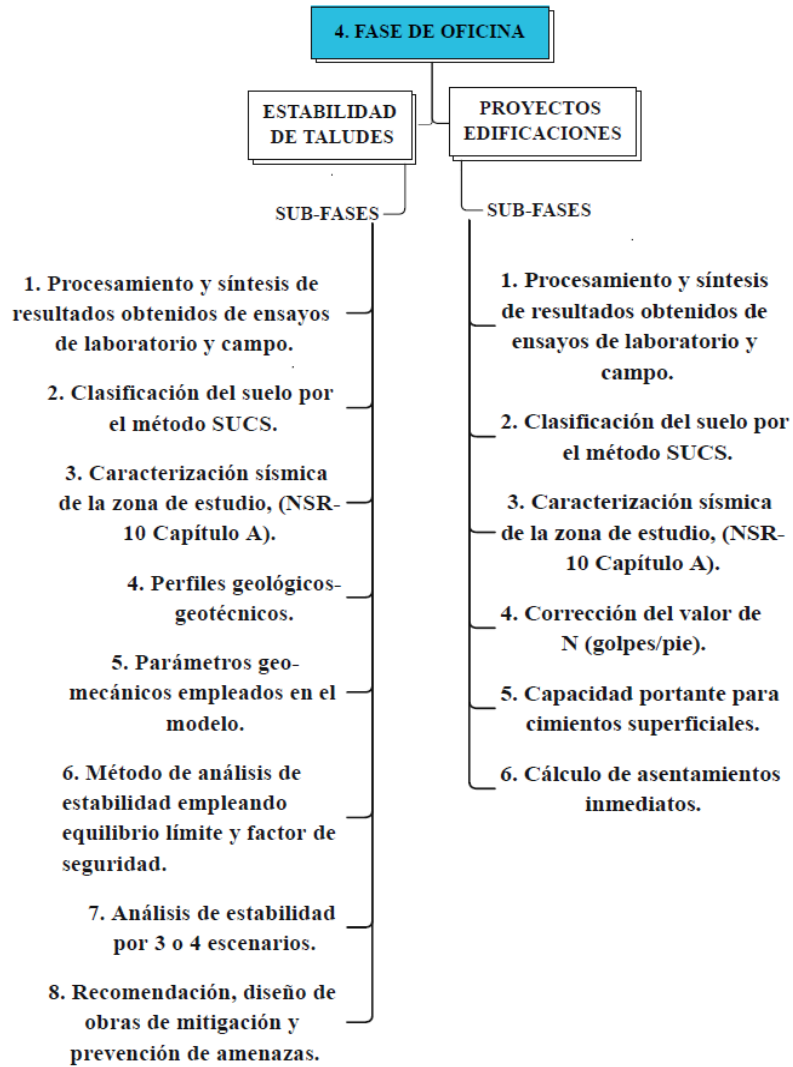
Figura 8. Metodología usada para la exploración geotécnica.



La fase número cuatro ejecutada en la práctica, se enfoca en dos tipos de proyectos, uno de edificaciones, y el otro de estabilización de taludes. Estos tipos de proyectos cuentan con sub-fases.

A continuación, en la Figura 9, se muestra la estructura y metodología para llevar a cabo estos estudios geotécnicos.

Figura 9. Diagrama de las sub-fases de la fase 4, oficina.



La metodología para cada una de las sub-fases se encuentra de forma detallada en los Anexo A y Anexo B respectivamente.

5. PROYECTOS

Durante la práctica empresarial se desarrollaron diferentes proyectos en la empresa Alianza Consultora e Ingeniería S.A.S, en los que fue indispensable realizar procesamiento de datos de ensayos de laboratorio y campo, clasificación del suelo, caracterización sísmica de las zonas de estudio y apoyo en informes geotécnicos, cumpliendo así con la ejecución de las actividades propuestas, supervisadas y guiadas por el tutor o ingeniero civil a cargo.

A continuación, se mencionan los proyectos en los que se participó realizando las actividades descritas en la Figura 7 de este artículo.

5.1 PROYECTOS DE EDIFICACIONES

La empresa ALICON & ING S.A.S. realiza proyectos enfocados a diferentes usos, por lo que en este capítulo se describirán los relacionados a estructuras o edificaciones. Siguiendo de esta forma las categorías de proyectos descritas en la Figura 9.

5.1.1 Bodega San Gil 1. El proyecto consiste en la realización de un estudio geotécnico, con el fin de determinar las recomendaciones necesarias para garantizar la estabilidad del comportamiento del suelo, y que así pueda resistir la estructura de la bodega que se ubicará en el municipio de San Gil, departamento de Santander, ver Figura 10.

Llevando a cabo las sub-fases mencionadas en la Figura 9 y la metodología descrita en el Anexo A. Estas fueron supervisadas y guiadas por el tutor o ingeniero estructural a cargo.

Figura 10. Localización del proyecto.



Fuente. Alicon & Ing S.A.S.

El área de estudio se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta. A continuación, en la Tabla 2 y Tabla 3 respectivamente, se mencionan las cantidades y tipos de ensayos utilizados para el estudio.

Tabla 2. Ensayos de campo.

Ensayo	Cant.	Prof. (m)
Sondeos	3	4 m – 6 m
Apiques	3	0.90 m – 1.00 m

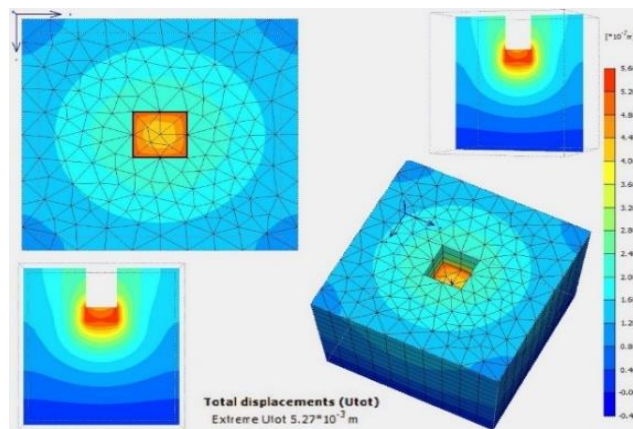
Tabla 3. Ensayos de laboratorio.

Tipo de Ensayo	cant.
Análisis granulométrico por tamizado	6
Determinación del Límite Líquido, Límite plástico e índice plasticidad de los suelos	6
Corte directo	3
Clasificación de suelos	6

Con esta información fue posible caracterizar el suelo en arcilloso de baja plasticidad (CL), con humedades naturales promedios de 11.16%, cohesiones de los materiales con valores mayores respecto a los resultados de ángulo de fricción debido a que se encontraron promedios totales de finos de 72.28%, con un predominio de suelos finos en el área.

La profundidad recomendada para cimentar es de 2 m, el cálculo de asentamientos y capacidad portante se realiza tomando como cimentación una zapata cuadrada de 1m de lado, sometida a una carga de servicio de 100 KN, carga que debe ser verificada con la estructura para el diseño de la cimentación.

Figura 11. Asentamientos en Plaxis 3D Foundation.



Se realiza el chequeo de asentamientos por medio del software Plaxis 3D Foundation. Se concluye que el estudio presenta un asentamiento máximo de 5.27 mm, el cual cumple con lo estipulado en H.4.9.2 (NSR-10).

5.1.2 Ruitoque Bajo. El proyecto está localizado hacia el sureste del área rural del Municipio de Girón, Santander, ver Figura 12. El lote se identificó con nomenclatura A-07 de Monte Ruitoque, donde se planteó la construcción de una vivienda de dos pisos.

Figura 12. Localización del proyecto.



Fuente. Alicon & Ing S.A.S.

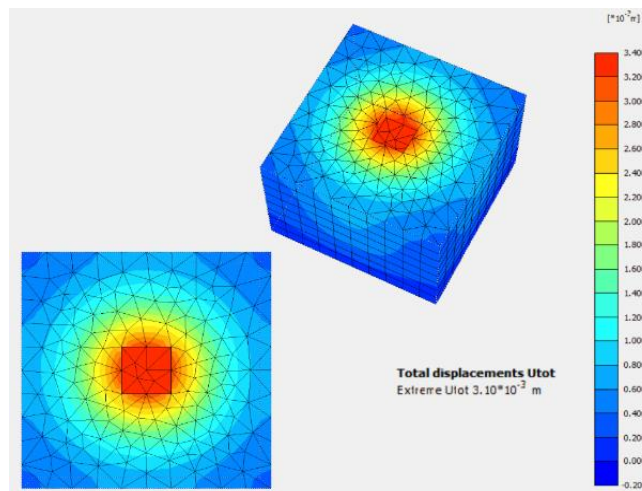
La zona de estudio está ubicada en una zona de amenaza sísmica alta, con un perfil de suelo D, debido al $N_{promedio}$ calculado.

Se ejecutaron los siguientes ensayos de campo 3 sondeos y 3 apiques, con profundidades de 3-4m y 0.70-1.10m respectivamente, indicando un alto grado de resistencia al punzonamiento del suelo y buena consistencia. Por otra parte, los de laboratorio fueron 6 granulometrías, 6 límites líquidos y plásticos, 6 cortes directos.

Los tipos de suelos presentes en forma general fueron: arenas limosas (SM) con un porcentaje del 83% del total y arenas limo arcillosas (SM-SC). La mayoría de las muestras analizadas en laboratorio no presentaron plasticidad ya que se componen de finos no plásticos y pocos cohesivos. Los valores de suelos finos que se encuentran presentes están entre 27.68% y 49.86%, correspondiente a materiales que indican baja cohesión y buena fricción entre sus partículas granulares.

De acuerdo con la metodología de capacidad portante plasmada en el Anexo A, se recomendó emplear como cimentación una zapata cuadrada en concreto reforzado con un espesor de 50cm, y dimensiones de (1x1m), a una profundidad de desplante de 0.5m. Para el cálculo de asentamientos y capacidad portante se tomó una carga de 50 kN, carga que debe ser verificada con la estructura para el diseño de la cimentación. Importante recordar que las actividades fueron guiadas y supervisadas por el tutor.

Figura 13. Asentamientos en Plaxis 3D Foundation.



Se realizó el cálculo y modelamiento de asentamientos y se obtuvo un asentamiento máximo de 3.10mm, bajo la acción de la carga impuesta (asumiendo 50 kN) a una profundidad de 0.5 [m] a partir del nivel del terreno. Este asentamiento estuvo dentro

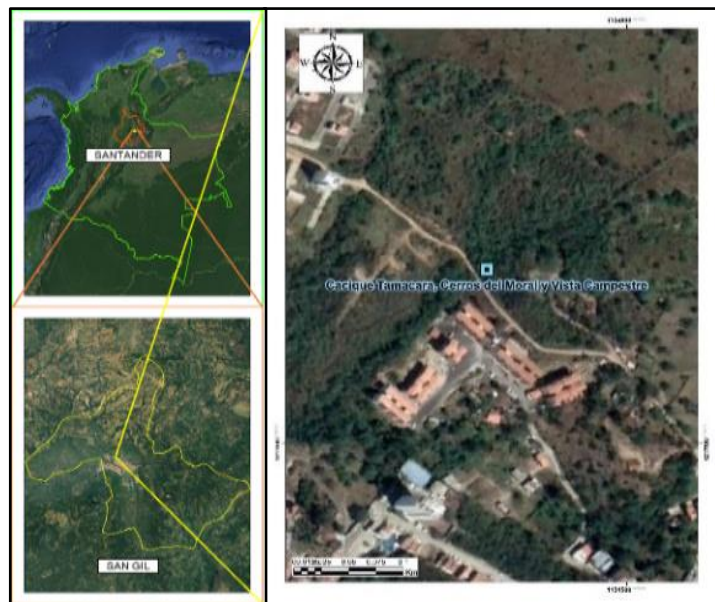
de los rangos aceptables según la NSR-10 en el capítulo H.4.9, el cual indica que para construcciones entre medianeros el máximo asentamiento será de 15cm, siempre y cuando no se afecten las construcciones e instalaciones vecinas.

5.2 PROYECTOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.

En este capítulo se evidencian los proyectos trabajados durante la práctica empresarial enfocados a obras de mitigación y estabilidad de taludes, siguiendo la metodología de la Figura 9, y a detalle en el Anexo B.

5.2.1 Cacique Tamacara. La zona de estudio Cacique Tamacara, se ubica en el municipio de San Gil, ver Figura 14.

Figura 14. Localización del proyecto.



Fuente. Aicon & Ing S.A.S.

En la Figura 15, se identificaron movimientos en masa relacionados con la ruptura, deslizamiento y la caída de bloques de rocas a lo largo del talud y adicionalmente una alcantarilla que sobresale respecto a la superficie del suelo que forma parte del camino o vía de acceso.

Figura 15. Problemática presentada en el sitio.



Fuente. Alicon & Ing S.A.S.

La zona de estudio se encuentra en amenaza sísmica alta, el perfil de suelo dependiendo del $N_{promedio}$ es D, definido por la NSR-10.

A continuación, en la Tabla 4 y Tabla 5, respectivamente se evidencian la cantidad de ensayos realizados.

Tabla 4. Ensayos de campo.

Ensayo	Cant.	Prof. (m)
SPT	12	2.00 m – 3.00 m
Apiques	12	0.80 m – 1.20 m

Tabla 5. Ensayos de laboratorio.

Tipo de Ensayo	Cant.
Análisis granulométrico por tamizado	14
Determinación del Límite Líquido, Límite plástico e índice plasticidad de los suelos	14
Corte directo	12
Clasificación de suelos	14

Los tipos de suelo clasificados por medio de SUCS para el área de estudio son: arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad (CL) con 79%, arenas arcillosas (SC) con 14% y limos inorgánicos de baja compresibilidad (ML).

Los suelos existentes en el talud tienen valores promedios de: límite líquido 33.75%, límite plástico 20.16%, índice de plasticidad 13.59%, lo anterior describe una plasticidad baja a media en las partículas finas ya que el límite líquido fue menor al 50%.

Los parámetros geo-mecánicos como cohesión y ángulo de fricción se obtuvieron a partir del ensayo de corte directo, y el peso específico por medio de correlaciones del número de golpes/pie del ensayo de penetración estándar, empleando el software Dynamic Probing, ver Tabla 6, empleados en los modelos de estabilidad 4 escenarios que se encuentran explicados en el Anexo B, para el cual se tuvieron en cuenta 3 perfiles críticos.

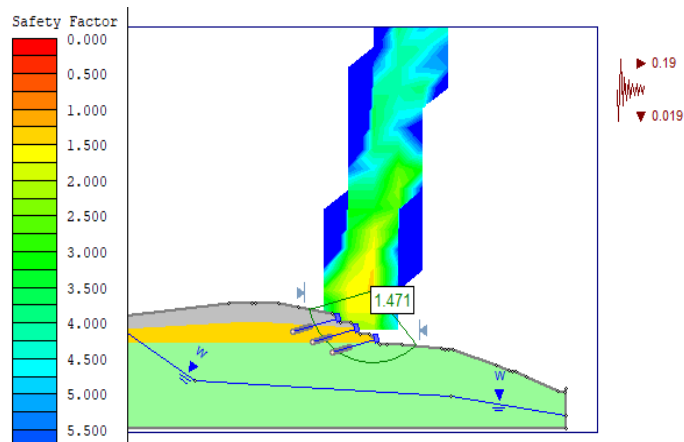
Tabla 6. Parámetros asumidos para el modelamiento.

Tipo suelo	Parámetro	Unidad	Magnitud
(Saalle)	Cohesión	(kN/m ²)	24.90
	Angulo de fricción	(°)	15.90

Tipo suelo	Parámetro	Unidad	Magnitud
	Peso específico seco	(kN/m ³)	17.30
(Saalalle)	Cohesión	(kN/m ²)	27.20
	Ángulo de fricción	(°)	13.80
	Peso específico seco	(kN/m ³)	16.80
(Srasraft)	Cohesión	(kN/m ²)	31.30
	Angulo de fricción	(°)	14.90
	Peso específico seco	(kN/m ³)	18.00

Para la determinación de estos factores de seguridad se asumió el método de equilibrio límite por la teoría de Spencer, ya que este se ajusta a la realidad observada en campo. En la Figura 16, se evidencia el modelo de estabilidad del escenario 4 para un le perfil 1 de la zona de estudio.

Figura 16. Modelo estabilidad Perfil 1 (Escenario 4)



Fuente. Aicon & Ing S.A.S.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 7, obtenidos del modelo, los F.S. del escenario 1 estático y el escenario 2 seudo estático, categorizan el terreno como inestable, ya que no cumplen el mínimo exigido por la NSR-10. Lo cual implica estabilización del talud, obras de prevención, y mitigación.

Tabla 7. Resumen de factores de seguridad determinados.

Escenario	Método	FS P1	FS P2	FS P3
1	Bishop	0.960	0.796	1.329
	Janbu	0.976	0.755	1.209
	Spencer	0.992	0.792	1.331
2	Bishop	1.052	0.577	0.850
	Janbu	0.864	0.535	0.755
	Spencer	1.049	0.575	0.859
3	Bishop	1.706	1.777	1.811
	Janbu	1.530	1.560	1.551
	Spencer	1.701	1.774	1.807
4	Bishop	1.471	1.213	1.252
	Janbu	1.245	1.201	1.214
	Spencer	1.477	1.335	1.352

El modelo del escenario 3 estático con obras implementadas y escenario 4 seudo estático, se concluye que los F.S. se encuentran por encima de F.S.>1.5 y F.S.> 1.05 respectivamente, (mínimos permisibles NSR-10), garantizando la estabilidad de los sectores críticos dentro del área de análisis de estudio.

A continuación, en la Tabla 8, se mencionan las obras recomendadas para la estabilización del talud.

Tabla 8. Resumen de obras de prevención.

Obra	Descripción
Anclajes activos	Longitud de 22.50 m, el bulbo con longitud de 9.0 m, y un diámetro de 40 cm.
Concreto Lanzado	Reforzada con sistema de malla tipo TECCO o similar, sobre la cual se vierte concreto lanzado tipo I (3000 PSI).
Cunetas taludes	Manto hormigón trapezoidales, de base 0.90m y altura 0.30m, con z de 1.
Cunetas de vía	Concreto reforzado, de base 0.90m y altura 0.30m, con z de 1.
Drenes de penetración	Longitud de 19m y separación horizontal de 2.50m, diámetro de $\varnothing=2''$ e inclinación de 3° a 5° con respecto a la horizontal.
Disipadora	Concreto reforzado 4000 PSI y barras de 3/8" y 1/2", con fluencia de 4200 Kg/cm ²
Perfilado	Cortes perfilados geotécnicamente estables, con berma horizontal de longitud variable, y una inclinación hacia adentro del talud de 2%.

5.2.2 Santa Helena. La zona de estudio del barrio Santa Helena, se ubica sobre el área metropolitana de Bucaramanga. Dicha área se encuentra limitada al Norte por el barrio La Trinidad, al Sur con el barrio El Reposo, al Este con el barrio Alares y al Oeste con el barrio Zapamanga IV etapa, ver Figura 17.

Figura 17. Localización del proyecto.



Fuente. Alicon & Ing S.A.S.

La problemática de la zona consiste en movimientos en masa, donde material proveniente de la ladera se ha erosionado y depositado al pie de esta, afectando muros y provocando fallas. También se identificó expansión de construcción de viviendas, donde se observaron algunas casas en sitios críticos, quedando vulnerables ante posibles derrumbes, ver Figura 18.

Figura 18. Problemáticas.



Fuente. Alicon & Ing S.A.S.

La exploración de campo realizada consistió en 9 sondeos SPT a percusión a profundidades entre 2-6m, de acuerdo con los rechazos obtenidos en campo como consecuencia de la resistencia al punzonamiento; además de 9 apiques. Y en la

parte de laboratorio fueron 82 granulometrías, 82 límites de consistencia, 19 cortes directos y a su vez se clasificaron 82 muestras.

De los resultados de granulometría y límites de consistencia, se pudo observar que el tipo de suelo en el área de estudio es variable, donde la mayor parte del área predominan materiales arenosos como arenas arcillosas (SC) y arenas limosas (SM). Esto sucede en los sondeos a percusión # 1, 3, 4, 5, 6 y 9. En los sondeos a percusión # 2, 7 y 8 se identifican suelos donde predomina la matriz fina correspondiente a arcillas de plasticidad baja a media (CL) y algunos limos inorgánicos (ML).

De acuerdo con los valores promedios generales de las muestras totales analizadas, observamos que en promedio hay un 49.20% de finos, arenas 45.48%, correspondiente a materiales friccionantes con cohesiones medias.

Se analizaron muestras con límites líquidos entre 51.39% y 20.01%, límites plásticos entre 33.47% y 13.42% e índices plásticos entre 21.07% y 1.59%, que representan materiales mediana y altamente plásticos.

Los parámetros geo-mecánicos como cohesión y ángulo de fricción se obtuvieron a partir del ensayo de corte directo, y el peso específico por medio de correlaciones del número de golpes/pie del ensayo de penetración estándar, empleando el software Dynamic Probing, ver Tabla 9, empleados en los modelos de estabilidad para 3 escenarios.

Tabla 9. Parámetros asumidos para el modelamiento.

Tipo suelo	Parámetro	Unidad	Magnitud
(Sft2)	Cohesión	(kN/m ²)	15.3
	Ángulo de fricción	(°)	24.7
	Peso específico seco	(kN/m ³)	17.5

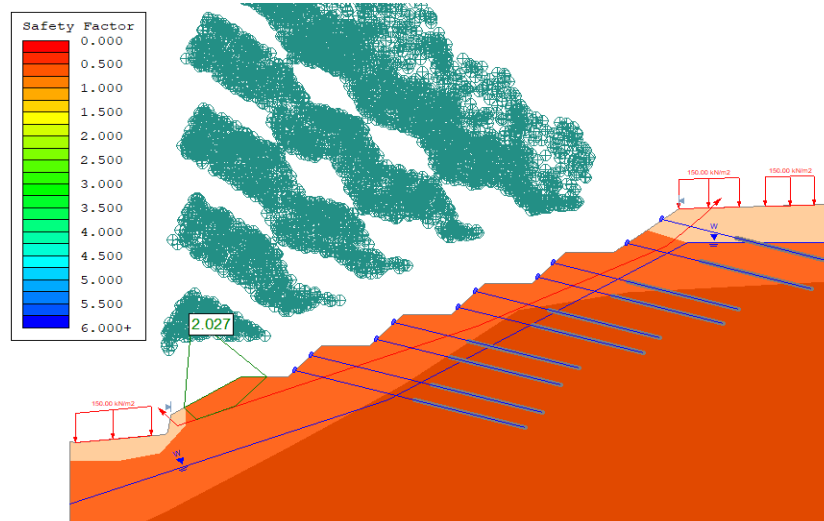
Tipo suelo	Parámetro	Unidad	Magnitud
(Sft2)	Cohesión	(kN/m ²)	29.7
	Ángulo de fricción	(°)	15.4
	Peso específico seco	(kN/m ³)	18
(Sat1)	Cohesión	(kN/m ²)	17.7
	Ángulo de fricción	(°)	22.3
	Peso específico seco	(kN/m ³)	18
(Sat1)	Cohesión	(kN/m ²)	25.7
	Ángulo de fricción	(°)	25.3
	Peso específico seco	(kN/m ³)	18

El perfil 1 modelado por el escenario 1, se localiza sobre el sitio crítico importante del área de estudio, donde se encuentra la cancha de tierra. Este se categoriza inestable y con amenaza media.

Luego de establecer el escenario 2, se obtuvo que para una condición sísmica de acuerdo con la NSR-10 y asumiendo un aumento del nivel freático, los factores de seguridad disminuyen considerablemente con respecto a los factores de seguridad en condiciones pseudo estáticas, catalogando de esta manera amenaza alta e inestable las laderas intervenidas por las urbanizaciones actuales.

Del escenario 3, mostrado en la Figura 19, en el cual se implementaron obras de mitigación y estabilización, y del modelamiento, se concluye que los F.S se encuentran por encima del mínimo permisible por la NSR-10, categorizando la zona como amenaza baja por movimientos en masa, y garantizando la estabilidad de los sectores críticos dentro del área de análisis.

Figura 19. Modelo estabilidad Perfil 1 (Escenario 3).



Fuente. Alicon & Ing S.A.S.

A continuación, en la Tabla 10, se mencionan las obras recomendadas para la estabilización del talud.

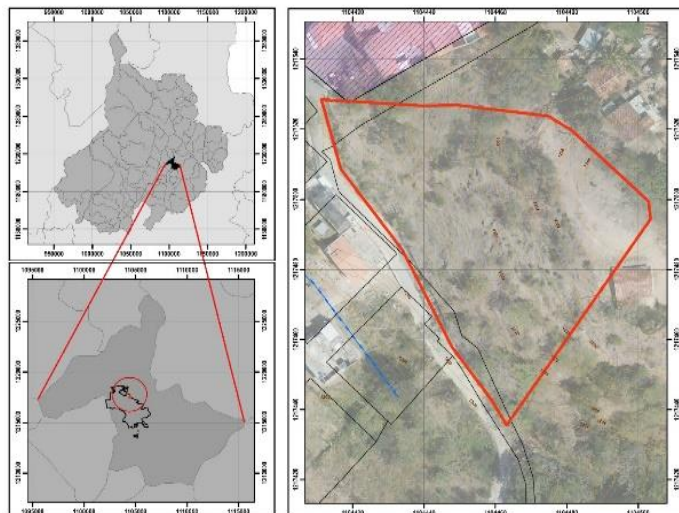
Tabla 10. Resumen de obras de prevención.

Obra	Descripción
Anclajes Activos	Longitud de 20 m, donde el bulbo deberá tener una longitud de 12.0 m y un diámetro de 40 cm. Los anclajes deben ir separados verticalmente según lo indicado en los planos y horizontalmente cada 2.5 m.
Concreto Lanzado	Reforzada con sistema de malla tipo TECCO o similar, sobre la cual se vierte concreto lanzado tipo I (3000 PSI).
Cunetas taludes	Manto hormigón trapezoidales, de base 0.90m y altura 0.35m, con z de 1.
Drenes de penetración	Longitud de 25m y separación horizontal de 3m, diámetro de $\varnothing=2''$ e inclinación de 8° con respecto a la horizontal.

Obra	Descripción
Disipadora	Concreto reforzado 4000 PSI y barras de 3/8" y 1/2", con fluencia de 4200 Kg/cm ²
Perfilado	Se recomienda conformar la ladera mediante cortes o perfilados geotécnicamente estables con pendientes de acuerdo a los planos sobre la parte alta del perfil 1 con descanso o berma horizontal de 3 metros de longitud con una inclinación hacia adentro del talud de 2% para garantizar el escurrimiento de las aguas de escorrentía y recolectarlas mediante cunetas flexibles en saco suelo-cemento.

5.2.3 Gruta Parte Baja. El talud en estudio se encuentra localizado en el Barrio La Gruta Parte Baja, al norte del casco urbano del Municipio de San Gil, ver Figura 20. La zona de estudio presenta las siguientes coordenadas planas X:1104090.273 y Y:1217621.631.

Figura 20. Localización del proyecto.



Fuente. Alicon & Ing S.A.S

En el área de estudio se identificó un problema relacionado con el deslizamiento y caída de rocas, así mismo se apreciaron troncos de árboles con un ángulo de inclinación muy agudo y adicionalmente se percibieron desnivelaciones y desgaste de aceras que se encuentran en el pie de algunas zonas del talud, ver Figura 21. La zona de estudio se encuentra en amenaza sísmica alta, el perfil de suelo dependiendo del Npromedio es D, definido por la NSR-10.

Figura 21. Problemáticas.



Fuente. Aicon & Ing S.A.S.

A continuación, en la Tabla 11 y

Tabla 12, respetivamente se evidencian la cantidad de ensayos que se realizaron.

Tabla 11. Ensayos de campo.

Ensayo	Cant.	Prof. (m)
SPT	8	1.50 m – 3.00 m
Apiques	8	0.70 m – 1.00 m

Tabla 12. Ensayos de laboratorio.

Tipo de Ensayo	Cant.
Análisis granulométrico por tamizado	10
Determinación del Límite Líquido, Límite plástico e índice plasticidad de los suelos	10
Corte directo	8
Clasificación de suelos	10

Fuente. Modificado de Alicon & Ing S.A.S.

Los tipos de suelo clasificados por medio de SUCS para los materiales explorados en el área de estudio fueron: arcillas inorgánicas de mediana plasticidad (CL) con 30%, limos inorgánicos de baja compresibilidad (ML) con 30%, limos arcillosos con arenas (ML-CL) con 10%, arenas limosas (SM) con 20% y arenas arcillosas (SC).

La consistencia de los materiales se analizó mediante los ensayos de límites de Atterberg, y se obtuvieron valores promedios de límite líquido 30.93%; límite plástico 24.01%; índice de plasticidad 6.92%; lo anterior describe una plasticidad baja a media en las partículas finas ya que el límite líquido fue menor al 50%; para los sondeos S3-S7-S8 no fue posible el cálculo de la consistencia de los suelos ya que las partículas finas no eran cohesivas y no tenían plasticidad.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo, se observaron valores promedios de cohesión 23.0375 KPa, en tanto la fricción 19.225°, los suelos presentan una mayor cohesión respecto a la fricción analizando que los suelos clasificados en su mayoría son finos arcillosos y limosos, en baja proporción se encuentran las arenas.

En la Figura 22, se muestran las secciones transversales para realizar el análisis de estabilidad por movimientos en masa.

Figura 22. Ubicación secciones transversales para análisis estabilidad.



Fuente. Modificado de Alicon & Ing S.A.S

Los parámetros geo-mecánicos como cohesión y ángulo de fricción se obtuvieron a partir del ensayo de corte directo, y el peso específico por medio de correlaciones del número de golpes/pie del ensayo de penetración estándar, empleando el software Dynamic Probing, ver Tabla 13, empleados en los modelos de estabilidad para 4 escenarios.

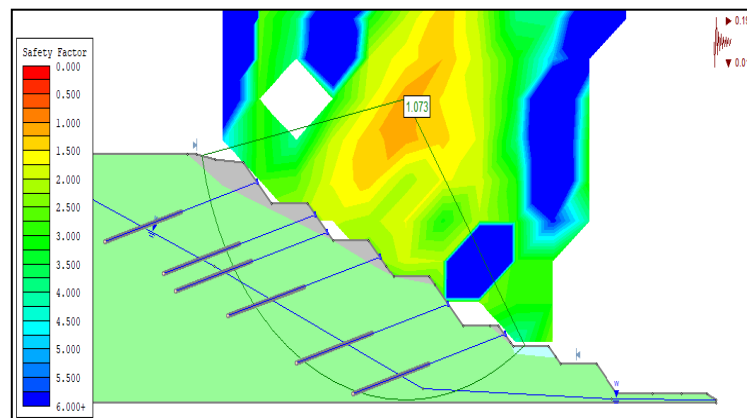
Tabla 13. Parámetros asumidos para el modelamiento.

Tipo suelo	Parámetro	Unidad	Magnitud
SAAALE	Cohesión	(kN/m ²)	30.6
	Ángulo de fricción	(°)	16.3
	Peso específico seco	(kN/m ³)	17.20
STTLAFT	Cohesión	(kN/m ²)	15.00
	Ángulo de fricción	(°)	24.2
	Peso específico seco	(kN/m ³)	17.55

Tipo suelo	Parámetro	Unidad	Magnitud
SRALSRAFT	Cohesión	(kN/m ²)	16.10
	Ángulo de fricción	(°)	21.30
	Peso específico seco	(kN/m ³)	18.00

En el software SLIDE, se analizó la estabilidad por medio del método de equilibrio límite por la teoría de Spencer, determinando los factores de seguridad de falla. En la Figura 23, se muestran los resultados de estabilidad para el perfil modelado.

Figura 23. Modelo estabilidad Perfil 2 (Escenario 4)



Fuente. Modificado de Alicon & Ing S.A.S.

El resumen de los factores de seguridad de todos los escenarios modelados se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Resumen de factores de seguridad determinados.

Escenario	Método	FS	FS	FS
		PF1	PF2	PF3
1	Bishop	1.038	0.725	0.671
	Janbu	1.006	0.702	0.652

Escenario	Método	FS PF1	FS PF2	FS PF3
	Spencer	1.040	0.728	0.672
2	Bishop	0.695	0.495	0.469
	Janbu	0.622	0.463	0.443
	Spencer	0.653	0.496	0.468
3	Bishop	1.677	1.862	1.612
	Janbu	1.580	1.686	1.588
	Spencer	1.620	1.933	1.621
4	Bishop	1.073	1.253	1.221
	Janbu	1.065	1.245	1.211
	Spencer	1.055	1.266	1.212

Del escenario 1, se identificó la inestabilidad del talud, principalmente por el tipo de suelo, las altas pendientes del terreno y la pérdida de los parámetros geo-mecánicos debido a la saturación del terreno generando fenómenos de movimiento en masa, observándose superficies de falla que comprometen la parte alta de la ladera.

Del escenario 2, se observó la disminución de los F.S. debido a un sismo como factor detonante de los fenómenos de movimientos en masa, por tanto, se identificó la necesidad de proponer obras geotécnicas que disminuyan la amenaza sobre las zonas de condiciones críticas.

Escenario 3: Las medidas están compuestas por obras de estabilización, mitigación y prevención, para garantizar la estabilidad geotécnica del sector, ya que en los escenarios anteriores se evidencia la necesidad de implementar medidas que velen por la protección de quienes viven allí.

A continuación, en la Tabla 15, se mencionan las obras propuestas las cuales se deben trabajar de una manera monolítica.

Tabla 15. Resumen de obras de prevención.

Obra	Descripción
Anclajes Activos	Longitud de 23 m, longitud del bulbo de 12m y un diámetro de 40 cm. Separación vertical de los anclajes según planos y horizontalmente cada 2.5 m.
Concreto Lanzado	Reforzada con sistema de malla tipo TECCO o similar, sobre la cual se vierte concreto lanzado tipo I (3000 PSI).
Cunetas taludes	Manto hormigón trapezoidales, de base 0.50m y altura 0.50m, con z de 1.
Cunetas de vía	Con base 0.50m y altura 0.50m, con z de 1. Concreto de 3000 PSI y acero refuerzo longitudinal de ½" y transversal de 3/8".
Drenes de penetración	Longitud de 24m y separación horizontal de 2.5m, diámetro de $\varnothing=2"$ e inclinación de 8° con respecto a la horizontal.
Disipadora	Concreto reforzado 4000 PSI y barras de 3/8" y ½", con fluencia de 4200 Kg/cm ²
Perfilado	Se recomienda conformar la ladera mediante cortes estables, con descanso de longitud variable, con una inclinación hacia adentro del talud de 2%.

6. PRINCIPALES APORTES

El estudiante durante la práctica empresarial dio apoyo en los proyectos mencionados en el Título 0, para poder llevar a cabo cada una de estas, aprendió el manejo de algunos softwares, con énfasis en las labores desempeñadas. De tal manera, que, como aporte para la empresa, y permitiendo facilitar el proceso de vinculación del nuevo personal con los softwares que se manejan allí, el practicante elaboró manuales básicos específicos para 3 softwares. También realizó 2 hojas de cálculo, que facilitan la obtención de la capacidad portante por 2 métodos diferentes.

6.1 MANUAL DYNAMIC PROBING.

Se usa en la empresa Alicon S.A.S. para la obtención de parámetros geo-mecánicos por medio de correlaciones a partir de los ensayos de SPT, utilizando el software Dynamic Probing, ver Figura 24 y Anexo C.

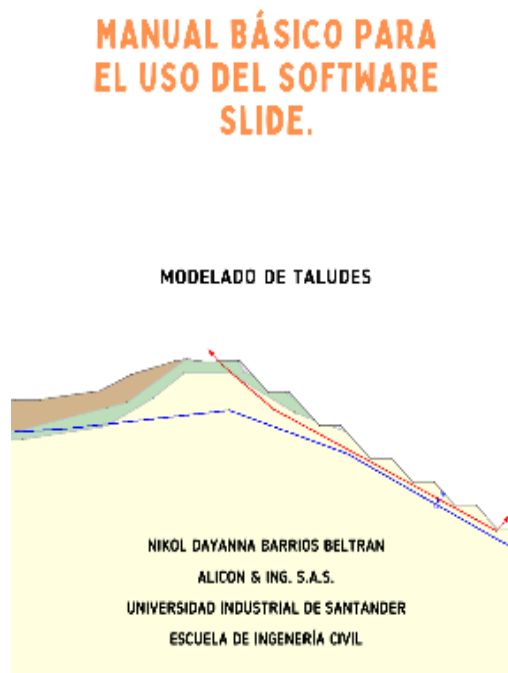
Figura 24. Manual Software Dynamic Probing.



6.2 MANUAL SLIDE-ROC SCIENCE

Este software se usa en Alicon S.A.S. para el modelamiento de estabilidad de los perfiles de los taludes, permitiendo así determinar si es estable o no, y plantear las diferentes obras de mitigación y prevención de riesgos o amenaza, ver Figura 25 y Anexo D.

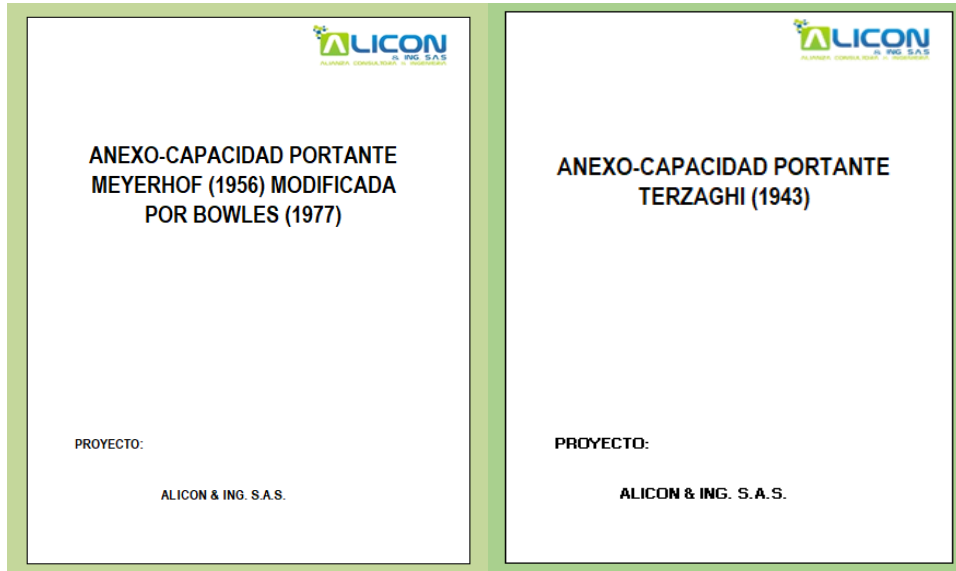
Figura 25. Manual Software SLIDE.



6.3 HOJAS DE CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE

Por medio de estas hojas se facilita la obtención de los resultados ya que optimiza el tiempo de cálculo de la capacidad portante, ver Figura 26.

Figura 26. Hoja de cálculo.



7. CONCLUSIONES

El estudiante cumplió con el desarrollo de la práctica empresarial como auxiliar de ingeniería civil en la empresa ALICON & ING. S.A.S, ejecutando actividades remotas relacionadas con el área de geotecnia, por un tiempo de 4 meses.

Para las actividades como análisis, interpretación y presentación de los resultados de laboratorio, fue necesario emplear hojas de Excel con el fin de caracterizar los suelos de las zonas de estudio, además de formatos y gráficas.

Dio apoyo en actividades que se llevaron a cabo para el diseño de obras geotécnicas, como chequeos de capacidad portante, cálculo de asentamientos, modelado de estabilidad de taludes, para los diferentes proyectos tratados en la práctica empresarial.

El practicante participo en la elaboración de informes geotécnicos, en donde se evidencia el análisis e interpretación de los resultados de ensayos de laboratorio plasmados en el capítulo de exploración geotécnica, también dio apoyo en los capítulos como caracterización sísmica de la zona de estudio, perfil del suelo según NSR-10, cálculo de capacidad portante, asentamientos, y modelo de estabilidad de taludes, todo con el fin de escoger la mejor alternativa constructiva para la zona de estudio.

En el desarrollo de la práctica empresarial se ejecutaron 5 proyectos en total, de los cuales 3 de ellos fueron de estabilidad de taludes y 2 de cimentaciones superficiales para edificaciones, en dichos proyectos fue necesario realizar exploración geotécnica, caracterización y clasificación del suelo, identificación de problemática, diseño y obras de prevención y mitigación del riesgo, e informes geotécnicos, planteando la solución ingenieril más adecuada para cada caso.

- La exploración de campo realizada consistió en la ejecución de 35 sondeos a percusión, y 35 apiques, ubicados en zonas estratégicas de las diferentes áreas de estudio analizadas en la práctica,
- Una vez obtenidos los datos tomados en campo y laboratorio, se procesaron para obtener la caracterización y clasificación del suelo mediante el método SUCS:
 - Bodega San Gil:** Existe un predominio de suelo fino como arcilla de baja plasticidad (CL). Los suelos tienen humedad promedio de 11.16% señalando materiales con baja humedad donde se recomienda mantener estos materiales finos con partículas arenosas y gravosas en estado seco.
 - Ruitoque Bajo:** Los tipos de suelos presentes son arenas limosas (SM) y arenas limo arcillosas (SM-SC). El tipo de suelo predominante que ocupa corresponde a materiales arenosos poco gravosos que contienen limos y arcillas en su estructura, pero estos son poco cohesivos y con grado bajo de plasticidad.
 - Talud Cacique Tamacara:** El talud contiene materiales finos abarcando arcillas y limos inorgánicos los cuales poseen una plasticidad baja a media con buena cohesión correspondiendo al 86% de la totalidad y baja a mediana proporción de arenas y gravas que poseen poca fricción con 14% del restante del suelo explorado.
 - Talud Santa Helena:** La zona de estudio está constituida por arenas arcillosas (SC) y arenas limosas (SM). Esto sucede sobre los sondeos a percusión # 1, 3, 4, 5, 6 y 9. Sobre los sondeos a percusión # 2, 7 y 8 se identifican suelos donde predominan las arcillas de plasticidad baja a media (CL) y algunos limos inorgánicos (ML).
 - Talud Gruta parte baja:** Se pudo observar que el área de estudio está conformada por arcillas cohesivas de mediana plasticidad (CL) con 30%, limos inorgánicos de baja compresibilidad, no cohesivos (ML) con 30%, limos arcillosos con arenas (ML-CL) con 10%, arenas limosas (SM) con 20% y arenas arcillosas de baja fricción (SC) con 10%.

- En los proyectos de edificaciones, se realizó un estudio con el fin de evaluar la capacidad portante del suelo, recomendando la profundidad de desplante de la cimentación, para los siguientes proyectos:

Bodegas de San Gil: Cimentar a una profundidad de desplante de 2m, para una zapata (1x1m), sometida a una carga de servicio de 100 kN, ya que se quiere construir una bodega. Así mismo, se obtuvo un asentamiento máximo de 5.27 [mm], el cual cumple con lo estipulado en la NSR-10.

Ruitoque Bajo: La profundidad recomendada para cimentar es de 0.5 m, el cálculo de asentamientos y capacidad portante se hizo tomando como cimentación una zapata cuadrada de 1m de lado, sometida a una carga de servicio de 50 KN, carga que debe ser verificada con la estructura para el diseño de la cimentación. Y el asentamiento máximo presentado fue de 3.10[mm] el cual cumple según la NSR-10.

- La razón principal de los proyectos en los que se requirió estabilización de taludes fue la evidencia de deslizamientos y movimientos en masa presentes en las zonas, debido a esto se plantearon obras de prevención, mitigación y control para proporcionar la estabilidad necesaria al talud, y evitar futuros deslizamientos.

Cacique Tamacara: Se recomienda construir 337 anclajes activos con longitud de 22.5m, longitud del bulbo de 9m, y un diámetro de 40 cm. La superficie debe ir perfilada con inclinación hacia adentro del talud de 2%, reforzada con malla tipo TECCO o similar, a la cual se le vierte concreto lanzado tipo I (3000 PSI) para darle buen manejo al control de erosión y caída de geo material suelto superficialmente. También se proponen 448.288m de cunetas en manto hormigón, y 840 líneas de baterías de drenes de penetración.

Santa Helena: Se recomendó construir 115 anclajes activos con longitud de 20m, donde el bulbo deberá tener una longitud de 12m y un diámetro de 40 cm. La superficie debe ir reforzada con malla TECCO a la cual se le vierte concreto lanzado tipo I (3000 PSI) para darle buen manejo al control de erosión y caída de geo-material suelto superficialmente. La ladera debe ir conformada mediante

bermas horizontales de longitud de 3m con una inclinación hacia adentro del talud de 2% para garantizar el escurrimiento de las aguas de escorrentía y recolectarlas mediante 143.075m de cunetas flexibles en manto hormigón y 62 drenes de penetración.

Gruta parte baja: Se recomendó la estabilización por medio de cortes estables, con descanso de longitud variable, con una inclinación hacia adentro del talud de 2%, reforzada con malla tipo TECCO o similar, sobre la cual se vierte concreto lanzado tipo I. Implementar 220 anclajes con longitud de 23m, el bulbo de 12m y diámetro de 40cm, separación horizontal de 2.5m. También cunetas en concreto reforzado ubicadas a borde de vía, y cunetas en manto hormigón para las bermas de los taludes, así mismo 197 drenes de penetración horizontal.

Realizar el proyecto de grado por la modalidad de práctica empresarial en la empresa ALICON & ING S.A.S como auxiliar de ingeniería en el área de geotecnia bajo la supervisión de un tutor, es una experiencia importante para la formación de un estudiante, ya que permite adaptarse al trabajo en equipo conformado por diferentes áreas o disciplinas, enfrentar problemas de tipo ingenieril y aplicar conocimientos adquiridos durante la formación de pregrado, para dar apoyo a las soluciones de dichos problemas. Por último y no menos importante fomentó en la practicante ética como responsabilidad, compromiso y dedicación, para lograr el desarrollo de un profesional de alta calidad.

Los aportes de la práctica empresarial a ALICON & ING. S.A.S fueron dos hojas de cálculo para obtener la capacidad portante del suelo, ya que no se contaba anteriormente con estas herramientas, y dos manuales del software Dynamic Probing y Slide implementados en la inducción y vinculación de los nuevos integrantes en el área de geotecnia.

Se presenta en forma exacta el aporte del desarrollo den trabajo en concordancia a la justificación presentada. Se describe en forma lógica, los resultados del trabajo, dando respuesta a los objetivos o propósitos planteados. Basado en los resultados

recolectados, incluido el tratamiento estadístico o cualitativo. Se muestra en forma concisa los productos y/o resultados y se resaltan las contribuciones del trabajo al contexto local, regional, nacional e internacional, cuando aplique.

BIBLIOGRAFÍA

- ALICON & I.N.G S.A.S, [En línea]. Available: <https://aliconingenieria.com/>.
- B. M. DAS, Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones (7a ed), México, F.G: Cengage Learning, 2012.
- B. M. DAS, Principios de Ingeniería de Cimentaciones (4a ed), México: International Thomson Editores, 2001.
- C. A. P. P. E. .R D. C. S. resistentes, «Reglamento Colombiano Construcción Sismo Resistente,» NSR-10, p. Título A, 2010.
- INVIAS, «Análisis granulométrico de suelos por tamizado,» INV E-123-13, 2013.
- INVIAS, «Determinación del límite líquido de los suelos,» INV E-125-13, 2013.
- INVIAS, «Ensayo de corte directo en condición consolidada drenada,» INV E-154-13, .
- INVIAS, «Ensayo de penetración normal y muestreo con tubo partido de los suelos,» INV E-111-13, 2013.
- INVIAS, «Límite Plástico e Índice de plasticidad de suelos,» INV E-126-13, 2013. .
- INVIAS, «Obtención de muestras de suelo mediante tubos de pared delgada,» INV E-105-13, 2013.
- J. SUÁREZ, Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales, Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, 1998.
- K. Y. S. H. B. TOKIMATSU, Simplified Procedures for the Evaluation of Settlements in Clean Sands., Earthquake Engineering Research Center report No. UCB/EERC - 84/16, University California Barkeley, 1984.
- UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, «Reglamento Académico-Estudiantil,» pp. Vol. 1982, no. 72. 2015.