

**APOYO TÉCNICO EN EL ÁREA DE INGENIERÍA PARA EL PROCESAMIENTO DE  
ESTUDIOS DE SUELOS Y DISEÑO DE OBRAS GEOTÉCNICAS EN LA EMPRESA  
CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.**

**INFORME FINAL**

**Presentado por:**

**MARÍA JOSÉ CORREA VILLAMIZAR**

**ID: 000292016**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD PONTIFICIA  
BOLIVARIANA**

**2019**

**APOYO TÉCNICO EN EL ÁREA DE INGENIERÍA PARA EL  
PROCESAMIENTO DE ESTUDIOS DE SUELOS Y DISEÑO DE OBRAS  
GEOTÉCNICAS EN LA EMPRESA CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA  
S.A.S.**

**INFORME FINAL**

**Presentado por:**

**MARÍA JOSÉ CORREA VILLAMIZAR**

**ID: 000292016**

**Supervisor académico**

**Msc. GABRIEL ALEXIS MEDINA DELGADO**

**Ingeniero Civil**

**Supervisor empresarial:**

**Msc. MIGUEL SILVA MONSALVE**

**Ingeniero Civil**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD PONTIFICIA  
BOLIVARIANA**

**2019**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma Presidente del Jurado**

---

**Firma Jurado N°1**

---

**Firma Jurado N°2**

## DEDICATORIA

*A mis padres, por todo su apoyo, palabras de aliento, por creer siempre en mí y corregirme cuando fuera necesario y sobre todo por su amor incondicional y su tan valioso esfuerzo para que pudiera al fin alcanzar este logro. Los amo con todo mi corazón.*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios, por ser el principal guía de mi vida, por bendecirme y permitirme esta oportunidad maravillosa de formarme como profesional.*

*A mis padres y mi hermano, por su amor incondicional y apoyo, tanto emocional como económico. Son mi motor para lograr todas mis metas.*

*A la Universidad Pontificia Bolivariana junto con todos los docentes que estuvieron involucrados en mi proceso de formación, por procurar siempre formar desde la integridad y la excelencia y acompañarme durante todo el proceso desde diferentes ámbitos en la institución.*

*A mi supervisor académico Ing. Gabriel Alexis Medina, por su disposición y acompañamiento en el desarrollo de este proyecto.*

*A la empresa Construsuelos de Colombia S.A.S, por permitirme realizar mi práctica empresarial en su institución, por confiar en mí, acogerme, enseñarme y ayudar en mi proceso formativo como profesional. A los Ingenieros Miguel Ángel Camargo, Miguel Silva y Orlando Otero, por su disposición para enseñarme y guiarme durante el proceso y a mis compañeros de trabajo en general.*

*A mis amigos y compañeros de carrera, de quienes aprendí el significado de la verdadera amistad, y de quienes siempre recibí apoyo y cariño tanto en el ámbito académico como personal.*

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....	4
3.	OBJETIVOS.....	6
3.1.	OBJETIVO GENERAL .....	6
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
4.	DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA: .....	7
5.	MARCO TEÓRICO .....	8
5.1.	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD: .....	8
5.2.	LÍMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO DE UN SUELO.....	9
5.3.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO .....	9
5.4.	GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS DEL SUELO: .....	11
5.5.	CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL .....	11
5.5.1.	CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CONSOLIDACIÓN CV .....	12
5.5.2.	CÁLCULO DE TIEMPOS DE CONSOLIDACIÓN .....	15
5.5.3.	CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS.....	16
5.5.4.	DETERMINACIÓN DE LA CARGA DE PRECONSOLIDACIÓN SEGÚN CASA GRANDE .....	18
5.6.	CLASIFICACIÓN DE UN SUELO .....	19
5.6.1.	EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA AASHTO .....	20
5.6.2.	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....	22
5.7.	CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELOS GRANULARES.....	25
5.7.1.	ESTADOS LÍMITE DE FALLA .....	25
5.7.2.	ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO .....	25
5.8.	CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELOS COHESIVOS .....	26
5.8.1.	ESTADOS LÍMITE DE FALLA.....	26
5.8.2.	ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO .....	27
6.	DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO .....	28
6.1.	PROCESAMIENTO DE ENSAYOS DE LABORATORIO .....	28
6.1.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD .....	28
6.1.2.	ENSAYOS PROCESADOS .....	29
6.2.	INFORMES Y ESTUDIOS DE SUELOS .....	40

6.2.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD .....	40
6.2.2.	INFORMES DE PROYECTOS REALIZADOS .....	42
6.3.	APOYO TÉCNICO EN EL ÁREA DE DISEÑO EN PROYECTOS DE INGENIERÍA	109
6.3.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD .....	109
6.3.2.	PROYECTOS REALIZADOS .....	109
7.	APOORTE AL CONOCIMIENTO .....	125
7.1.	GUÍA PARA EL PROCESAMIENTO DE ENSAYOS DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL – CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S .....	126
8.	CONCLUSIONES .....	134
9.	BIBLIOGRAFÍA .....	136
10.	ANEXOS .....	137

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Generalidades de la empresa CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S. ....	5
Tabla 2. Clasificación AASHTO de suelos (Bowls, 1981) .....	21
Tabla 3. Clasificación SUCS para suelos de grano grueso (Bowles, 1981) .....	22
Tabla 4. Clasificación SUCS para suelos de grano fino (Bowles, 1981) .....	23
Tabla 5. Ejemplo tabla raíz de t Vs lectura en mm .....	30
Tabla 6. Hoja de cálculo programada - Ensayo de Consolidación.....	31
Tabla 7. Tabla resumen de ensayos de Consolidación para la ESSA .....	32
Tabla 8. Tabla resumen de ensayos de Consolidación para estudio geotécnico para ampliación Hospital San Gil .....	35
Tabla 9. Tabla resumen de ensayos de Consolidación de la exploración geotécnica realizada para TOUCHTONE en Segovia - Antioquia.....	37
Tabla 10. Tabla resumen de exploración de campo - San Francisco Tower .....	45
Tabla 11. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio. - San Francisco Tower .....	46
Tabla 12. Evaluación estado límite de falla - San Francisco Tower.....	48
Tabla 13. Factores de seguridad indirectos mínimos – NSR-10.....	51
Tabla 14. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 1 – Valla Santo Tomás .....	61
Tabla 15. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 2 – Valla Santo Tomás .....	62
Tabla 16. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 3 – Valla Santo Tomás .....	63
Tabla 17. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 1 - Valla Santo Tomás.....	64
Tabla 18. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 2 - Valla Santo Tomás.....	64
Tabla 19. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 2 - Valla Santo Tomás.....	65
Tabla 20. Estado límite de falla - Valla Santo Tomás .....	67
Tabla 21. Estado límite de servicio - Valla Santo Tomás.....	67
Tabla 22. Resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 1- Prados de San Sebastián.....	72
Tabla 23. Resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 2 - Prados de San Sebastián.....	72
Tabla 24. Estado límite de falla Torre Nueva - Prados de San Sebastián .....	75
Tabla 25. Estado límite de servicio Torre Nueva- Prados de San Sebastián.....	76
Tabla 26. Estado límite de falla Zona Social - Prados de San Sebastián .....	77
Tabla 27. Estado límite de servicio Zona Social - Prados de San Sebastián.....	77
Tabla 28. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 1 – Puerto Madero.....	80
Tabla 29. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 2 – Puerto Madero.....	81
Tabla 30. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 3 – Puerto Madero.....	82

Tabla 31. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 4 – Puerto Madero.....	83
Tabla 32. Estado límite de falla - Puerto Madero.....	85
Tabla 33. Estado límite de servicio - Puerto Madero .....	85
Tabla 34. Dimensiones de zapatas para modelación en Settle 3D - Colegio Integrado Simón Bolívar .....	91
Tabla 35. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 1 – Aeropuerto Cúcuta .....	98
Tabla 36. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 2 – Aeropuerto Cúcuta .....	98
Tabla 37. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 3 – Aeropuerto Cúcuta .....	99
Tabla 38. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 4 – Aeropuerto Cúcuta .....	100
Tabla 39. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 5 – Aeropuerto Cúcuta .....	100
Tabla 40. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 1 - Aeropuerto Cúcuta.....	101
Tabla 41. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 2 - Aeropuerto Cúcuta.....	101
Tabla 42. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 3 - Aeropuerto Cúcuta.....	102
Tabla 43. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 4 - Aeropuerto Cúcuta.....	102
Tabla 44. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 5 - Aeropuerto Cúcuta.....	103
Tabla 45. Estado límite de falla – Aeropuerto Cúcuta.....	105
Tabla 46. Estado límite de Servicio – Aeropuerto Cúcuta .....	105
Tabla 47. Capacidad de carga por fuste Pilotes L=8.0m - Aeropuerto Cúcuta .....	106
Tabla 48. Capacidad de carga por punta Pilotes L=8.0 m – Aeropuerto Cúcuta .....	106
Tabla 49. Capacidad de carga admisible a compresión Pilotes L=8.0 m – Aeropuerto Cúcuta .....	107
Tabla 50. Capacidad de carga admisible a tracción Pilotes L=8.0 m – Aeropuerto Cúcuta .....	107
Tabla 51- Tabla resumen de Capacidad admisible para Cimentación Superficial - Aeropuerto Cúcuta .....	108
Tabla 52. Tabla resumen de Capacidad admisible para Cimentación Profunda - Aeropuerto Cúcuta .....	108
Tabla 53. Tabla de cantidades estructura para el control de erosión en la torre de energía ....	111
Tabla 54. Tabla de cantidades final, Muro La Pradera – Girón.....	116
Tabla 55. Tabla de cantidades Dique 1 - Embalse Málaga .....	118
Tabla 56. Tabla de Cantidades Dique 2 - Embalse Málaga.....	120
Tabla 57. Tabla de cantidades 1 - Proyecto San Agustín.....	125
Tabla 58. Tabla de cantidades 2 - Proyecto San Agustín.....	125

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización relativa de los límites de contracción, plástico y líquido sobre la escala de contenido de humedad. (Bowles, 1981) .....	9
Ilustración 2. Curva tipo de deformación Vs Raíz de t.....	13
Ilustración 3. Paso 1 – Método de Taylor (Poliotti & Sierra) .....	13
Ilustración 4. Paso 2 – Método de Taylor (Poliotti & Sierra) .....	14
Ilustración 5. Paso 3 – Método de Taylor (Poliotti & Sierra) .....	14
Ilustración 6. Curva tipo de Compresibilidad (Poliotti & Sierra).....	16
Ilustración 7. Relación de vacíos vs log Presión tomado de Juárez Badillo y Rico Rodríguez-Tomo I .....	17
Ilustración 8. Paso 1 - Determinación de carga de preconsolidación (Poliotti & Sierra).....	18
Ilustración 9. Paso 1 - Determinación de carga de preconsolidación (Poliotti & Sierra).....	19
Ilustración 10. Determinación de la presión efectiva de preconsolidación. (Poliotti & Sierra).....	19
Ilustración 11. Muestrador del ensayo de penetración estándar (SPT) - Construsuelos de Colombia S.A.S.....	41
Ilustración 12. Ubicación San Francisco Tower - Google Earth.....	43
Ilustración 13. Zonificación Geológica.....	45
Ilustración 14. Evaluación de estado límite de Servicio (Asentamientos inmediatos) Placa de cimentación en Seattle 3D - San Francisco Tower.....	49
Ilustración 15. Localización del proyecto San Francisco Tower – Google Earth.....	50
Ilustración 16. Modelos de estabilidad para excavación vertical (Estático y Pseudoestático) – San Francisco Tower.....	52
Ilustración 17. Modelos de estabilidad para estabilización por medio de anclajes (Estático y Pseudoestático) - San Francisco Tower.....	53
Ilustración 18. Modelos de estabilidad para estabilización por medio de micropilotes (Estático y Pseudoestático) - San Francisco Tower.....	54
Ilustración 19. Modelos de estabilidad para estabilización por medio de corte en talud 1:0.5 (Estático y Pseudoestático) - San Francisco Tower .....	55
Ilustración 20. Localización proyecto Valla Santo Tomás - Google Earth.....	58
Ilustración 21. Localización proyecto Prados de San Sebastián - Google Earth.....	68
Ilustración 22. Localización proyecto Puerto Madero - Google Earth .....	78
Ilustración 23. Modelos de estabilidad para excavación por medio de corte vertical (seudo Estático) – Puerto Madero .....	86

Ilustración 24. Modelos de estabilidad para excavación por medio de corte vertical (Estático) – Puerto Madero .....	86
Ilustración 25. Modelo de estabilidad para excavación en talud 1H: 1V (Seudo Estático) - Puerto Madero .....	87
Ilustración 26. Modelo de estabilidad para excavación en talud 1H: 1V (Estático) - Puerto Madero .....	87
Ilustración 27. Distribución y ubicación de los sondeos – Colegio Integrado Simón Bolívar .....	88
Ilustración 28. Modelación de la cimentación con ciclópeo Bloque 1-A, Asentamiento: 2.38 cm .....	92
Ilustración 29. Modelación de la cimentación con material seleccionado Bloque 1-A, Asentamiento: 2.45 cm .....	92
Ilustración 30. Ilustración 27. Modelación de la cimentación con ciclópeo Bloque 1-B, Asentamiento: 2.84 cm .....	92
Ilustración 31. Modelación de la cimentación con material seleccionado Bloque 1-B, Asentamiento: 2.9 cm .....	92
Ilustración 32. . Modelación de la cimentación con ciclópeo Bloque 2 -A, Asentamiento: 1.71 cm .....	93
Ilustración 33. . Modelación de la cimentación con material seleccionado Bloque 2-A, Asentamiento: 2.15 cm .....	93
Ilustración 34. Modelación de la cimentación con material seleccionado Bloque 3-A, Asentamiento: 2.07 cm .....	93
Ilustración 35. Modelación de la cimentación con ciclópeo Bloque 3 -A, Asentamiento: 1.63 m .....	93
Ilustración 36. Modelación de la cimentación con ciclópeo Bloque 3 -B, Asentamiento: 1.63 m .....	94
Ilustración 37. Modelación de la cimentación con material seleccionado Bloque 3-B, Asentamiento: 2.55 cm .....	94
Ilustración 38. Modelación de la cimentación con ciclópeo Bloque 3 -C, Asentamiento: 2.22 m .....	94
Ilustración 39. Modelación de la cimentación con material seleccionado Bloque 3-C, Asentamiento: 2.69 cm .....	94
Ilustración 40. Localización proyecto Aeropuerto Camilo Daza - Cúcuta - Google Earth.....	95
Ilustración 41. Estructura para el control de erosión - Guayuriba - Ecopetrol .....	110
Ilustración 42. Ubicación del muro en planta - MSE Tiburones .....	112

Ilustración 43. Perfil muro en tierra armada - MSE Tiburones .....	112
Ilustración 44. Detalles constructivos del muro - Sección tipo - MSE Tiburones.....	113
Ilustración 45. Secciones transversales para excavación. - MSE Tiburones .....	113
Ilustración 46. Tabla de cantidades final presentada - MSE Tiburones .....	113
Ilustración 47. Ubicación en planta Muro La Pradera Girón. ....	114
Ilustración 48. Perfil muro ubicado en La Pradera Girón. ....	115
Ilustración 49. Secciones transversales para excavación muro La Pradera – Girón.....	115
Ilustración 50. Detalle constructivo de la sección transversal tipo del Muro La Pradera - Girón .....	116
Ilustración 51. Dibujo en planta Dique 1 - Embalse Málaga.....	117
Ilustración 52. Dibujo en Planta Dique 2 - Embalse Málaga .....	117
Ilustración 53. Perfil Dique 1 - Embalse Málaga .....	118
Ilustración 54. Secciones Transversales Dique 1 - Embalse Málaga.....	118
Ilustración 55. Perfil del Dique 2 - Embalse Málaga .....	119
Ilustración 56. Secciones transversales Dique 2 - Embalse Málaga.....	119
Ilustración 57. Vista en alzada y planta de Pantalla Sur - Proyecto San Agustín.....	121
Ilustración 58. Secciones Transversales Pantalla Sur - Proyecto San Agustín.....	121
Ilustración 59. Vista en alzada y planta de Pantalla Norte - Proyecto San Agustín.....	122
Ilustración 60. Secciones Transversales Pantalla Norte - Proyecto San Agustín.....	122
Ilustración 61. Detalle de viga y micropilotes - Proyecto San Agustín .....	123
Ilustración 62. Vista en alzada y planta de Pantallas Oriental y Occidental - Proyecto San Agustín .....	123
Ilustración 63. Secciones Transversales Pantalla Oriental y Occidental - Proyecto San Agustín .....	124
Ilustración 64. Dibujo en planta de las obras de contención planteadas - Proyecto San Agustín .....	124
Ilustración 65. Paso 1 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación .....	126
Ilustración 66. Paso 2 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación .....	127
Ilustración 67. Paso 4 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación .....	128
Ilustración 68. Paso 5 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación .....	129
Ilustración 69. Paso 6 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación .....	129
Ilustración 70. Paso 9 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación .....	130
Ilustración 71. Paso 10 – 14 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación .....	131
Ilustración 72. Paso 15 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación .....	132

Ilustración 73. Paso 16 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación .....	132
Ilustración 74. Paso 17 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación .....	133

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Rangos de límite líquido e índice (Bowles, 1981) .....	20
Figura 2. Cuadro para obtener el Índice de grupo del suelo. (Bowles, 1981) .....	21
Figura 3. Sistema de clasificación según SUCS.....	22
Figura 4 Gráfico de plasticidad (Bowles, 1981). .....	23
Figura 5. Gráfico tipo Deformación vs $t^{0.5}$ .....	30
Figura 6. Deformación vs Relación de vacíos - OIBA S3-M7 .....	33
Figura 7. Deformación vs Relación de vacíos – SUAITA S7-M4 .....	33
Figura 9. Deformación vs Relación de vacíos - OIBA S7-M4. ....	34
Figura 8. Deformación vs Relación de vacíos – SAN GIL S1-M12 .....	34
Figura 10. Deformación vs Relación de vacíos – SAN GIL S2 - M2 .....	35
Figura 11. Deformación vs Relación de vacíos – SAN GIL S2 - M10 .....	36
Figura 12. Deformación vs Relación de vacíos – SAN GIL S3 - M2 .....	36
Figura 13. Deformación vs Relación de vacíos – SAN GIL S3 - M8 .....	37
Figura 14. Deformación vs Relación de vacíos – SEGOVIA SHB-01-M5 .....	38
Figura 15. Deformación vs Relación de vacíos – SEGOVIA SBH -01-M11 .....	38
Figura 16. Deformación vs Relación de vacíos – SEGOVIA SBH -02 - M4 .....	39
Figura 17. Deformación vs Relación de vacíos – SEGOVIA SBH -05-M12 .....	39
Figura 18. Caracterización del perfil del suelo – Sondeos 1-7 (Andina Ingeniería) – San Francisco Tower .....	47
Figura 19. Caracterización del perfil del suelo Sondeos 1-3 – Valla Santo Tomás .....	66
Figura 20. Caracterización del suelo Sondeos 1 y 2 - Prados de San Sebastián .....	73
Figura 21. Caracterización del suelo Sondeos 3 y 4 - Prados de San Sebastián .....	74
Figura 22. Caracterización del perfil del suelo Sondeos 1-4 – Puerto Madero.....	84
Figura 23. Caracterización del perfil del suelo – Colegio Integrado Simón Bolívar .....	89
Figura 24. Caracterización del perfil del suelo – Aeropuerto Cúcuta .....	104

## LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Formato de laboratorio para ensayo de consolidación – Construsuelos de Colombia S.A.S.....	29
Fotografía 2. Sondeo 1 - San Francisco Tower.....	44
Fotografía 3. Sondeo 1 - Valla Santo Tomás .....	59
Fotografía 4. Sondeo 2 - Valla Santo Tomás .....	59
Fotografía 5. Sondeo 3 - Valla Santo Tomás .....	60
Fotografía 6. Sondeo 1 - Prados de San Sebastián .....	69
Fotografía 7. Sondeo 2 - Prados de San Sebastián .....	70
Fotografía 8. Sondeo 3 - Prados de San Sebastián .....	70
Fotografía 9. Sondeo 4 - Prados de San Sebastián .....	71
Fotografía 10. Sondeo 2 - Puerto Madero .....	79
Fotografía 11. Sondeo 1 - Puerto Madero .....	79
Fotografía 12. Sondeo 3 - Puerto Madero .....	79
Fotografía 13. Sondeo 4 - Puerto Madero .....	79
Fotografía 14. Sondeo 1 - Aeropuerto Cúcuta.....	96
Fotografía 15. Sondeo 2 - Aeropuerto Cúcuta.....	96
Fotografía 16. Sondeo 3 - Aeropuerto Cúcuta.....	96
Fotografía 17. Sondeo 4 - Aeropuerto Cúcuta.....	97
Fotografía 18. Sondeo 5 - Aeropuerto Cúcuta.....	97

## LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. EJEMPLO DE FORMATO PARA ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS – EMPRESA CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S. ....	137
Anexo 2. EJEMPLO DE FORMATO PARA ENSAYOS DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS – EMPRESA CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.....	138
Anexo 3. NUEVO FORMATO DISEÑADO PARA EL PROCESAMIENTO DE ENSAYOS DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL – CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S .....	139

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** APOYO TÉCNICO EN EL ÁREA DE INGENIERÍA PARA EL PROCESAMIENTO DE ESTUDIOS DE SUELOS Y DISEÑO DE OBRAS GEOTÉCNICAS EN LA EMPRESA CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.

**AUTOR(ES):** María José Correa Villamizar

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** Gabriel Alexis Medina Delgado

### RESUMEN

En el presente informe, se presentará el desarrollo de una práctica empresarial, en la cual se trataron múltiples proyectos desarrollados por la empresa santandereana CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S. tanto en la parte de diseño y consultoría, como en ensayos de laboratorio para estudios de suelos, en los cuales se evidencia cómo desde la ingeniería civil, específicamente desde la rama geotécnica, se puede dar solución a múltiples problemáticas, y aportar al desarrollo del país desde diferentes sectores.

### PALABRAS CLAVE:

Ensayos, Laboratorio, Suelos, Geotécnica, Planos, Estudios, Informes

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** TECHNICAL SUPPORT IN THE ENGINEERING AREA FOR THE PROCESSING OF SOIL STUDIES AND DESIGN OF GEOTECHNICAL WORKS IN THE COMPANY CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.

**AUTHOR(S):** María José Correa Villamizar

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** Gabriel Alexis Medina Delgado

### ABSTRACT

In this report, the development of a business practice will be presented, in which multiple projects developed by the Santander company CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S. both in the design and consulting part, as in laboratory tests for soil studies, which shows how from civil engineering, specifically from the geotechnical branch, it is possible to solve multiple problems, and contribute to the development of the country from different sectors

### KEYWORDS:

Essays, Laboratory, Soils, Geotechnics, Studies, Reports

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

## 1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería civil, es una de las profesiones que más tiene que ver con el desarrollo y calidad de vida de la sociedad, está involucrada en casi todos los aspectos de nuestra cotidianidad, desde las casas y edificios donde vivimos, trabajamos o estudiamos hasta las vías, parques y en general lugares que transitamos. Es por ello, que está en constante evolución y mejora para así asegurar resultados más eficientes y seguros, que proteja la integridad de las personas y sus bienes. Para esto, con el tiempo se ha ido ramificando en diferentes especialidades dentro de las cuales se encuentran la geotecnia, la hidráulica, la estructural, vías, entre otras.

En el caso de la Ingeniería Geotécnica, es válido afirmar, que es quizá la rama de la ingeniería civil que más se involucra en los diferentes tipos de obras en el mundo de la construcción, ya que, siendo la encargada de estudiar el suelo y sus propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles en general, es necesaria en situaciones que van desde diseñar las cimentaciones para estructuras de todo tipo como edificios, puentes, presas, tanques, pavimentos etc. Hasta realizar análisis de estabilidad de taludes, diseño de obras geotécnicas como pantallas ancladas, muros en tierra armada, diques, entre otras.

En el presente informe, se presentarán múltiples proyectos desarrollados por la empresa santandereana **CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.** tanto en la parte de diseño y consultoría, como en ensayos de laboratorio para estudios de suelos, en los cuales se evidencia cómo desde la ingeniería civil, específicamente desde la rama geotécnica, se puede dar solución a múltiples problemáticas, y aportar al desarrollo del país desde diferentes sectores.

Así mismo, se abordarán temáticas específicas sobre el desarrollo de estudios de suelos alrededor del departamento de Santander y en general del país, en los cuales es posible encontrar ensayos de campo como SPT y de laboratorio como Granulometrías, límites de Atterberg, Consolidación, Corte directo entre otros, a partir de los cuales es posible generar una caracterización acertada de diferentes tipos de suelo, información que después será utilizada para generar recomendaciones geotécnicas; así como cálculo de cantidades de obra y diseño de estructuras geotécnicas.

Por otra parte, se hará evidente el uso de herramientas computacionales para el ejercicio de la ingeniería, como Autodesk AutoCAD, Settle 3D, MS-Excel, Autodesk Civil 3D, SigmaPlot entre otros.

Finalmente, cabe resaltar que el presente informe también tiene como fin generar un aporte al conocimiento, tanto para la empresa **CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S** como para la **UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**, por lo cual se presenta un desarrollo del mismo desde lo teórico-práctico

## 2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

<b>Nombre de la empresa</b>	CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.
<b>Actividad Económica / Productos y Servicios</b>	<p>Estudios de Suelos, ensayos de laboratorio, y pavimentos, diseño estructural, consultoría y contratación de obras civiles. Cuenta además con equipos nuevos adquiridos bajo las especificaciones exigidas por las normas de calidad y personal con los más altos estándares de competitividad.</p>
<b>Estructura Organizacional</b>	<p>La empresa se compone básicamente en 3 partes, la parte administrativa, el laboratorio y el trabajo en campo.</p> <p>La parte administrativa se divide en la gerencia, la parte de jurídica y contabilidad, y la ingeniería de proyectos.</p> <p>En el caso del Laboratorio, está compuesta por la secretaria, el jefe de laboratorio y laboratoristas.</p> <p>Finalmente, para la parte de trabajo en campo, se subdivide en dos partes: los encargados de exploración del subsuelo (extracción de muestras por medio de apiques y/o SPT, y caracterización por medio de ensayos geofísicos como tomografías y refracciones sísmicas) y los encargados de ejecución de obras civiles.</p>

<b>Teléfono</b>	6382809
<b>Dirección</b>	Cl. 29 #9-68, Floridablanca, Santander
<b>Reseña Histórica</b>	<p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Inicio sus actividades en mayo de 2003 en la ciudad de Floridablanca departamento de Santander, contando con recurso humano altamente calificado, los equipos y servicios necesarios para el análisis básico de suelos y consultoría para obras civiles.</p>
<b>Descripción del área específica de trabajo</b>	<p>Pertenezco al área de ingeniería de proyectos, la cual está encargada de la gestión de proyectos de construcción, diseño de obras geotécnicas, prestar servicio de consultoría, realizar el procesamiento de estudios de suelos y generar informes finales.</p> <p>El equipo de trabajo está compuesto cinco ingenieros civiles, entre los cuales se encuentra el ingeniero geotecnista y el ingeniero encargado de la programación y presupuesto de las obras, así mismo la empresa cuenta con un Geólogo y un Topógrafo.</p>
<b>Nombre y Cargo del Supervisor Técnico (Empresa)</b>	Msc. Miguel Silva Monsalve (Jefe del área de ingeniería de proyectos)

Tabla 1. Generalidades de la empresa CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Ofrecer apoyo técnico en el área de ingeniería de proyectos de la empresa Construsuelos de Colombia S.A.S, en lo que concierne a diseño de obras geotécnicas, procesamiento de ensayos de laboratorio de suelos y presentación de informes.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el procesamiento y digitación de resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, realizando los respectivos cálculos y proceso de caracterización y clasificación del suelo, según el cliente y/o las especificaciones del proyecto lo requieran.
- Generar y/o modificar planos en el Software Autodesk Autocad, de acuerdo al diseño de las diferentes obras de estabilización, cimentación o contención, según lo solicite el ingeniero geotecnista y a partir de esto sacar las respectivas cantidades que se requieran para su ejecución.
- Generar informes finales de los estudios de suelos, a partir de los resultados de ensayos de campo y laboratorio obtenidos, o información previa existente y emitir las recomendaciones pertinentes de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

#### **4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA:**

Durante el segundo semestre del 2019, se realizó asistencia técnica en el área de ingeniería de proyectos la empresa Construsuelos de Colombia S.A.S cuya sede está ubicada en el barrio Lagos I, en los diferentes proyectos de carácter geotécnico que se presenten, dentro de los cuales están diseño o evaluación de obras geotécnicas y estudios de suelos, según el proyecto lo requiera.

## 5. MARCO TEÓRICO

Teniendo en cuenta que la Geotecnia es la rama de la Ingeniería civil que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas de los materiales provenientes del medio geológico, aplicadas a las obras de Ingeniería Civil, las cuales son indispensables para cualquier proyecto en la industria de la construcción ya por medio de ensayos de laboratorio se clasifica el suelo y se definen sus diferentes propiedades que posteriormente funcionarán como base para diseños estructurales o para toma de decisiones. A partir de esto, es importante reconocer cuales son los ensayos básicos para clasificación del suelo:

### 5.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

Es un ensayo de laboratorio que permite encontrar la cantidad de agua presente en una muestra de suelo en términos a razón de su peso seco:

$$\%W = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Podría definirse el contenido de humedad como la relación del peso de agua presente y el total de peso de la muestra. (Bowles, 1981)

- Pesar una cápsula de material adecuado y marcarla.
- Colocar una muestra representativa de suelo húmedo en la cápsula y hallar el peso del recipiente más el contenido.
- Después de pesar la muestra húmeda junto con el recipiente, ingrese la muestra en el horno.
-

- Cuando la muestra esté seca por completo (es decir no presente variaciones importantes en su peso), determine el peso del recipiente más el del suelo seco.
- Calcule el contenido de humedad  $W$ . (Bowles, 1981)

## 5.2. LÍMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO DE UN SUELO

Los límites líquido y plástico se definen como:

- Límite plástico. Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico.
- Límite líquido. Es el contenido de humedad bajo cual el suelo se comporta como un material plástico.

Los límites líquido y plástico han sido ampliamente utilizados en todas las regiones del mundo, con el fin de lograr la identificación y clasificación de suelos. (Bowles, 1981)



*Ilustración 1. Localización relativa de los límites de contracción, plástico y líquido sobre la escala de contenido de humedad. (Bowles, 1981)*

## 5.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

En la clasificación de los suelos para usos de ingeniería es costumbre realizar un análisis granulométrico. Una parte importante de los criterios de aceptabilidad de suelos para diferentes tipos de obras civiles, es el análisis granulométrico, puesto que siempre es necesario conocer a qué tipo de suelo nos enfrentamos.

El análisis granulométrico pretende hallar los tamaños relativos de los granos presentes en un suelo dado. Para obtener un resultado verídico, la muestra debe ser estadísticamente representativa del suelo en cuestión. Teniendo en cuenta que es imposible determinar el tamaño real de cada partícula la práctica solamente agrupa los materiales por rangos de tamaño. (Bowles, 1981)

Teniendo en cuenta esto, obtenemos el porcentaje de material que pasa a través de un tamiz con una malla de un tamaño estipulado pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya malla tiene agujeros ligeramente más pequeños a la anterior.

Es evidente que el material retenido de esta forma en cualquier tamiz consiste en partículas de muchos tamaños todos los cuales son menores al tamaño de la malla a través de la cual todo el material pasó, pero mayores que el tamaño de la malla del tamiz en el cual el suelo fue retenido. (Bowles, 1981)

Hay que tener en cuenta que una curva de distribución granulométrica solo puede ser muy cercana a la situación real del suelo y la incertidumbre aumenta con el análisis de suelos finos (que pasa el tamiz No. 4) que, para suelos gruesos, y el hecho de que en la mayoría de los casos se suele usar suelos secados al horno puede influir el análisis en la misma medida.

#### **5.4. GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS DEL SUELO:**

El valor de la gravedad específica es necesario para calcular la relación de vacíos de un suelo, se utiliza también en el análisis de hidrómetro y es útil para predecir el peso unitario del suelo. La gravedad específica de cualquier suelo está contemplada como el peso unitario del material dividido por el peso unitario del agua destilada a 4° C (Bowles, 1981).

Así, si se consideran solamente los granos del suelo se obtiene  $G$ , Como:

$$G = \frac{\gamma_{material}}{\gamma_{agua a 4^{\circ}C}}$$

#### **5.5. CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL**

La muestra a utilizar para este ensayo suele ser de forma cilíndrica con una altura pequeña en comparación a su diámetro. Esta muestra se coloca dentro de un anillo metálico que impide la deformación horizontal, por lo tanto, el cambio de volumen viene dado únicamente por la disminución de la altura de la muestra, es decir es unidimensional. Este anillo se coloca entre dos piedras porosas que favorecen el drenaje por ambas caras.

El anillo con la muestra y las piedras porosas, se sumergen en agua, para así, asegurar que la muestra esté saturada durante la totalidad del ensayo. Junto al consolidómetro, se coloca un flexómetro o LVDT que mide la deformación en sentido vertical.

La aplicación de la carga se hace mediante un brazo de palanca sometiendo la probeta a diferentes fases de carga, manteniendo cada uno de ellos el tiempo necesario

planteado hasta que la velocidad de variación se reduzca al mínimo. (Poliotti & Sierra)

Para cada fase de carga, se mide la deformación para diferentes intervalos de tiempo, y luego se traza con los datos registrados la gráfica deformación versus raíz del tiempo. Dichas gráficas son las llamadas **curvas de consolidación**. Al finalizar el ensayo se tienen tantas curvas de consolidación como intervalos de carga aplicados. (Poliotti & Sierra)

Al final del ensayo se tiene, para cada fase de carga un valor de relación de vacíos y, con estos datos, se puede trazar una gráfica en la cual en las abscisas se colocan los esfuerzos a los que fue sometida la probeta durante la deformación correspondientes a cada escalón de carga en escala logarítmica, y en las ordenadas las relaciones de vacío correspondientes. Esta curva es llamada la **curva de compresibilidad**.

Con las curvas de consolidación y de compresibilidad se determinan los parámetros necesarios para realizar los cálculos de tiempos de consolidación ( $C_v$ ) y asentamientos ( $C_c$ ;  $C_r$ ). (Poliotti & Sierra)

### **5.5.1. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CONSOLIDACIÓN $C_v$**

En este caso se utilizará el método de Taylor o Método gráfico, para un porcentaje de consolidación del 90%, a partir de la curva Deformación- $\sqrt{t}$ , relacionado directamente con una fase de carga representativa. Determinado ese tiempo de consolidación, puede luego hallarse el coeficiente de consolidación (Poliotti & Sierra),

utilizando la ecuación:

$$C_v = \frac{T_v H_{sab}^2}{t_{90}}$$

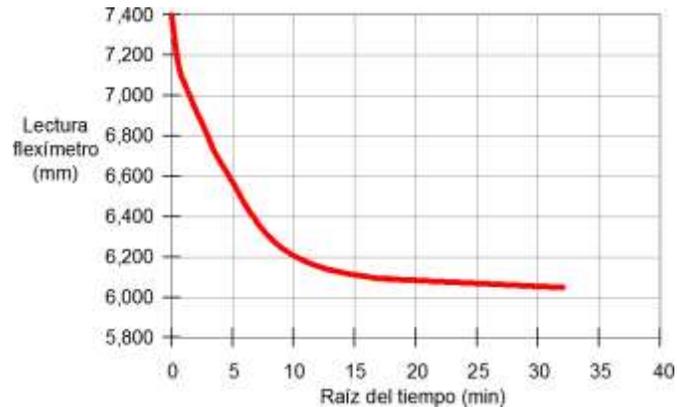


Ilustración 2. Curva tipo de deformación Vs Raíz de t

El tiempo correspondiente al 90% de la consolidación se obtiene de la siguiente manera:

- Dibujar la línea recta tangente a los valores iniciales de la curva, extendiéndose hasta tocar ambos ejes, sin tener en cuenta los primeros puntos los cuales corresponden al acondicionamiento de la probeta. Llamamos A al punto de intersección con el eje “y” (deformaciones), es decir este valor representa el 0% de la consolidación, y B al punto de intersección con el eje “x” ( $\sqrt{t}$ ).

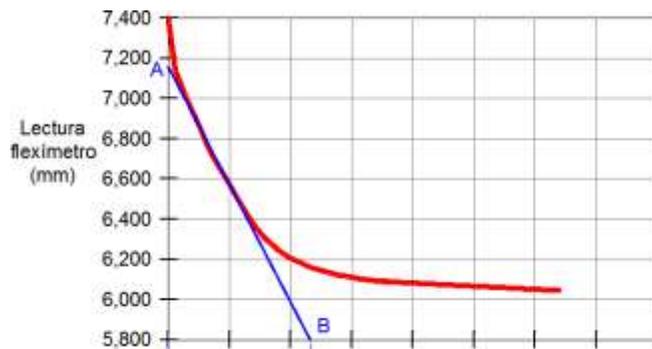


Ilustración 3. Paso 1 – Método de Taylor (Poliotti & Sierra)

- Se traza una segunda línea que vaya desde 1.15 veces el valor leído sobre las ordenadas, hasta el valor de la deformación leído para el 0% de la consolidación.  
(Poliotti & Sierra)

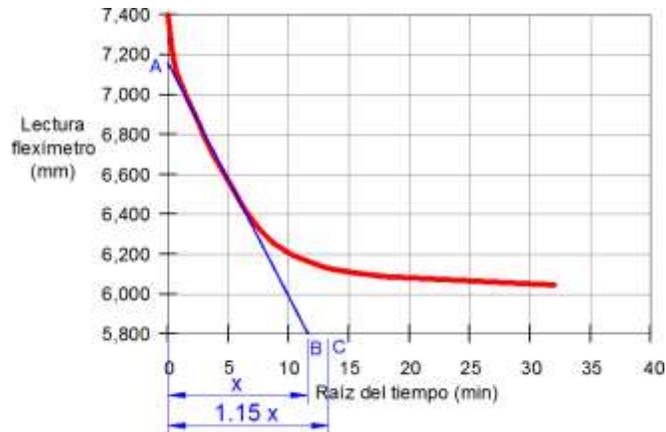


Ilustración 4. Paso 2 – Método de Taylor (Poliotti & Sierra)

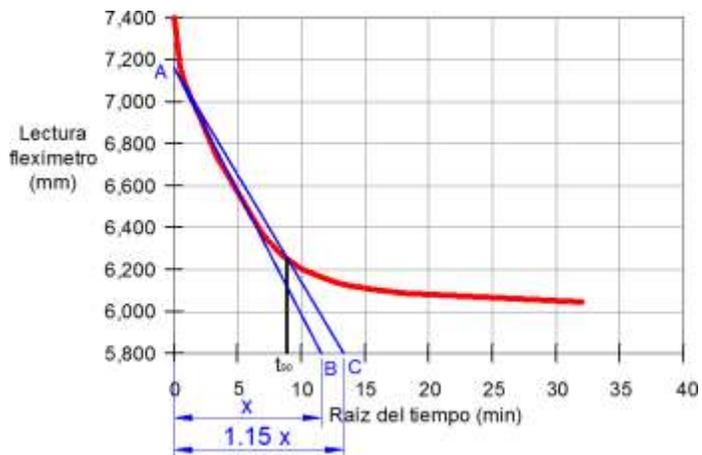


Ilustración 5. Paso 3 – Método de Taylor (Poliotti & Sierra)

- Los puntos sobre la curva que sea intersecado por la segunda recta trazada, corresponderá a  $(t_{90}^{0.5}, d_{90})$  y se podrá calcular el valor de  $C_v$

de la siguiente manera:

$$C_v = \frac{T_{90} H_{sab}^2}{t_{90}}$$

### 5.5.2. CÁLCULO DE TIEMPOS DE CONSOLIDACIÓN

Para estimar cuanto tiempo tarda en consolidar un estrato se tiene en cuenta que  $C_{v\text{insitu}} = C_v \text{ Laboratorio}$ , por lo tanto una vez calculado  $C_v$  a partir de las curvas de laboratorio podemos determinar los tiempos de consolidación para distintos grados de la misma de la muestra de suelo (Poliotti & Sierra), mediante la ecuación:

$$t = \frac{T_v H^2}{C_v}$$

Donde:

**t:** tiempo para el cual ocurre el porcentaje de consolidación en el estrato en estudio.

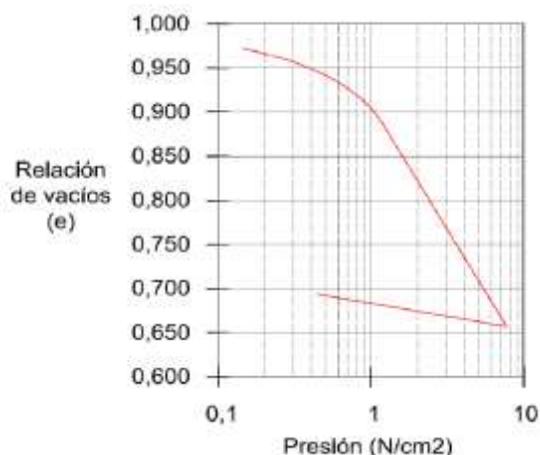
**T<sub>v</sub>:** factor de tiempo para el U% de consolidación obtenido de la curva teórica, correspondiente a las condiciones de drenaje del problema.

**H:** máxima distancia que recorre el agua en el estrato, el cual dependerá de las condiciones de drenaje in situ.

**C<sub>v</sub>:** coeficiente de consolidación de laboratorio

### 5.5.3. CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

Teniendo en cuenta la información suministrada anteriormente la reducción de volumen resulta gracias a la expulsión del agua que se encuentra en los poros del suelo y en una reducción de altura lo que implica el asentamiento del suelo. El ensayo de consolidación brinda la información necesaria para poder calcular la magnitud de tal asentamiento mediante la curva de compresibilidad aunque en general se expresa como relación de vacíos en escala natural versus carga (presión efectiva) en escala logarítmica. (Poliotti & Sierra)



*Ilustración 6. Curva tipo de Compresibilidad (Poliotti & Sierra)*

Se logra visualizar que existe inicialmente un primer tramo curvo con curvatura creciente, un segundo tramo recto y un último tramo en el cual se disminuye la carga y la muestra recupera parte de la deformación. (Poliotti & Sierra)

El primer tramo llamado de recompresión, ya que en este caso las presiones aplicadas a la probeta son menores o iguales a las presiones a las cuales el suelo en ya fue sometido. En el tramo recto, el suelo experimenta presiones nuevas que nunca ha soportado y el último tramo es llamado tramo de descarga, donde se disminuye

paulatinamente la carga hasta hacerla nula. (Poliotti & Sierra)

Por tanto, es necesario definir los siguientes conceptos:

- Carga de preconsolidación: máxima carga o presión efectiva a la cual ha sido sometido un suelo durante su historia geológica.
- Suelo normalmente consolidado: es aquel cuya carga o presión efectiva actual es igual a la carga de preconsolidación.
- Suelo preconsolidado: es aquel cuya carga o presión efectiva actual es menor que la carga de preconsolidación.

Para definir de forma más acertada el concepto de carga de preconsolidación, asuma que se somete un espécimen a un ciclo de carga y descarga. Luego se realiza un nuevo ciclo de carga y descarga (curvas A', B' y C') pero con presiones mayores que la máxima alcanzada en el primer ciclo. (Poliotti & Sierra)

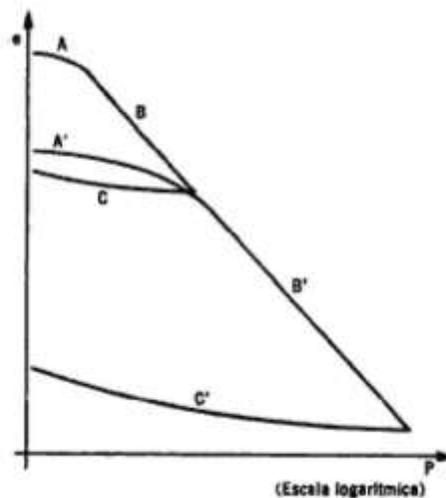
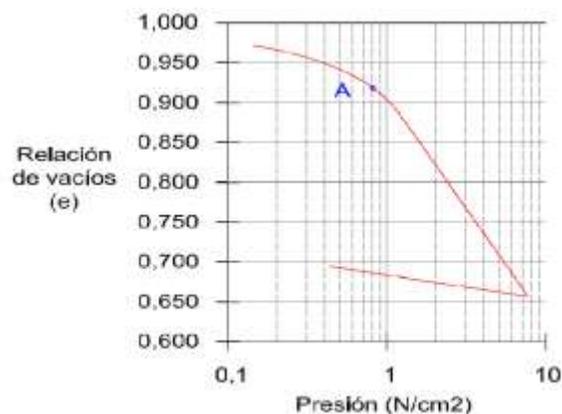


Ilustración 7. Relación de vacíos vs log Presión tomado de Juárez Badillo y Rico Rodríguez- Tomo I

Analizando estas curvas, es evidente que los tramos considerados vírgenes de ambos ciclos (B y B') poseen la misma pendiente y uno se ubica como prolongación del otro. Además, vemos que el tramo de recompresión del segundo ciclo (A') termina en coincidencia a la mayor carga soportada en el primer caso. Se puede concluir entonces que el límite entre el tramo de recompresión y el tramo virgen es la carga de preconsolidación. (Poliotti & Sierra)

#### 5.5.4. DETERMINACIÓN DE LA CARGA DE PRECONSOLIDACIÓN SEGÚN CASA GRANDE

- Mediante inspección visual se debe encontrar el punto A que corresponde al punto de mayor curvatura. Para esto, es importante recordar que la curvatura es inversamente proporcional al radio de curvatura, es decir que se debe encontrar el punto con el mínimo radio de curvatura (Poliotti & Sierra)



*Ilustración 8. Paso 1 - Determinación de carga de preconsolidación (Poliotti & Sierra)*

- Desde el punto hallado trazar una recta horizontal h y otra recta tangente a la curva en dicho punto.

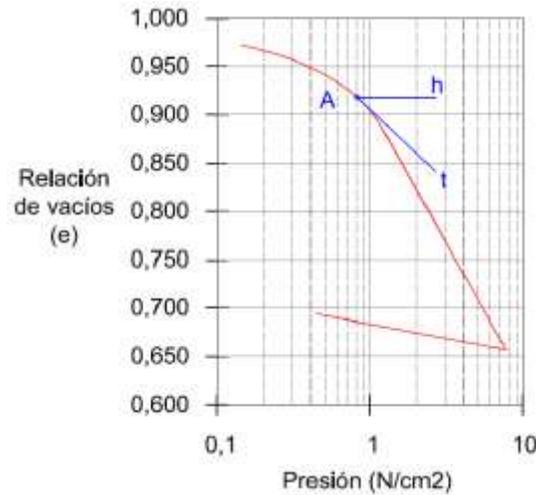


Ilustración 9. Paso 1 - Determinación de carga de preconsolidación (Poliotti & Sierra)

- Trazar la bisectriz del ángulo formado por las dos rectas desde el punto de máxima curvatura.
- Por último, encontrar la intersección entre la bisectriz y la prolongación del tramo recto de la curva del ensayo. La abscisa de este punto corresponde al valor de la carga o presión efectiva de preconsolidación.

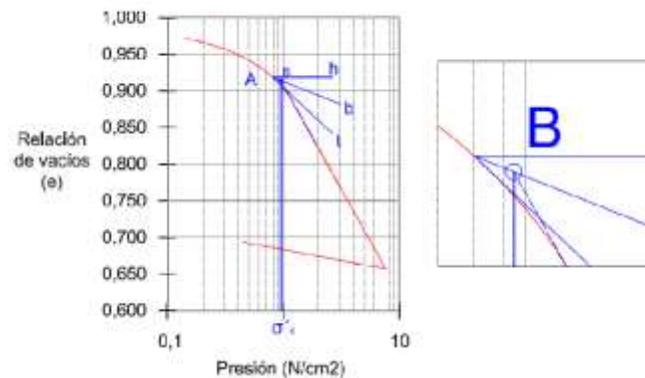


Ilustración 10. Determinación de la presión efectiva de preconsolidación. (Poliotti & Sierra)

## 5.6. CLASIFICACIÓN DE UN SUELO

Existen varios métodos de clasificación de suelos: el más popular Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, el Sistema del Departamento de Agricultura de los Estados

Unidos (USDA), el Sistema de la ASTM, el de la Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transportes (AASHTO), y el Sistema de la Agencia Federal de Aviación (FAA).

El ingeniero geotecnista generalmente realiza una inspección visual como base primaria de clasificaciones, sin embargo, es necesario un análisis más profundo. Todos los sistemas de clasificación utilizan los límites de Atterberg (líquido y plástico) con un análisis de granulometría. (Bowles, 1981)

En todos los sistemas de clasificación es completamente trascendental acompañar el símbolo de clasificación con la descripción debida del suelo, pues el símbolo particular de grupo es demasiado amplio y general, como criterio de clasificación para suelos específicos. (Bowles, 1981)

### 5.6.1. EL SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS DE LA AASHTO

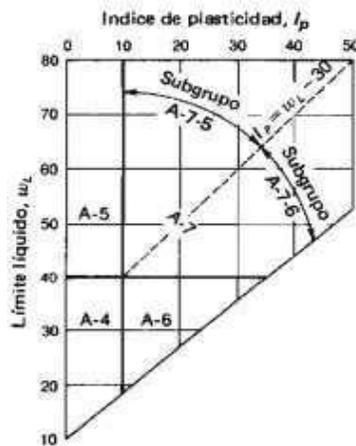


Figura 1. Rangos de límite líquido e índice (Bowles, 1981)

Clasificación General	Materiales Granulares (35 % o menos del total pasa el tamiz No. 200)							Materiales limo-arcillosos (más del 35 % del total pasa el tamiz No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de Grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 <sup>a</sup> A-7-6
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 10	50 max										
No. 40	30 max	50 max	51 min								
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pasa el tamiz No. 40 Límite líquido, $w_L$ Índice Plástico, $I_p$	6 max		NP	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min
Índice de Grupo <sup>b</sup>	0		0	0		4 max		8 max	12 max	16 max	20 max

<sup>a</sup>Ver Fig. 8-1b

<sup>b</sup>Índice de Grupo =  $IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$  (Ver Fig. 8-1c)

Tabla 2. Clasificación AASHTO de suelos (Bowlwa, 1981)

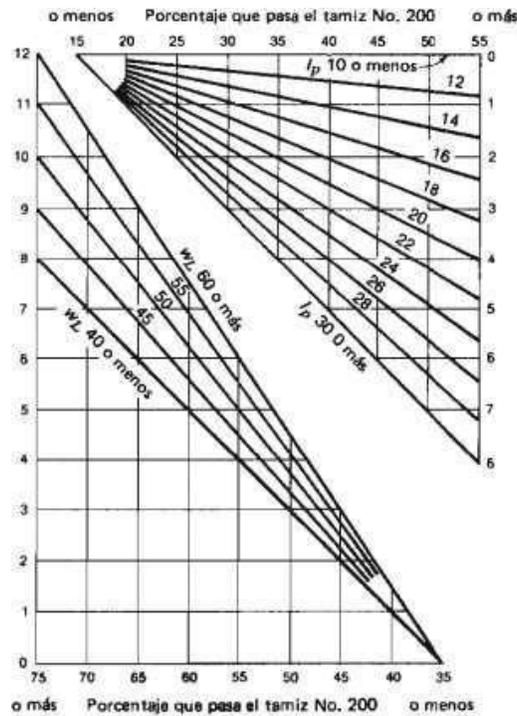


Figura 2. Cuadro para obtener el Índice de grupo del suelo. (Bowles, 1981)

## 5.6.2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Dentro de los Estados Unidos y en gran parte del mundo el sistema es ampliamente utilizado por organizaciones tales como el Cuerpo de Ingenieros, la Oficina de Reclamos, y con pequeñas modificaciones por la mayoría de las finas consultoras. En la siguiente tabla se presentan los factores a tener en cuenta para poder realizar la clasificación de un suelo de acuerdo con el sistema Unificado de Clasificación de Suelos. (Bowles, 1981)

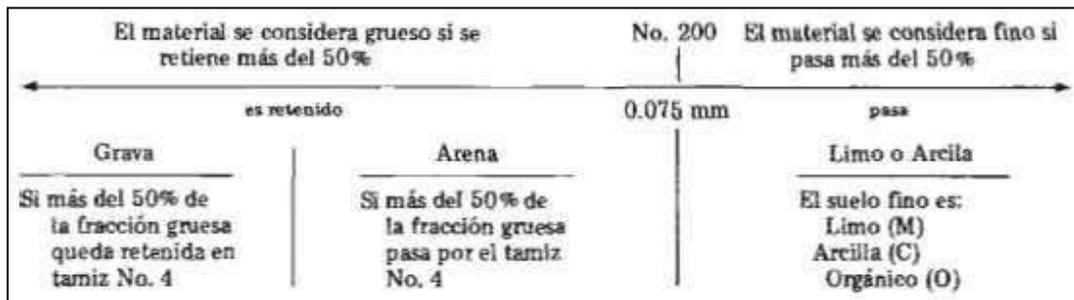


Figura 3. Sistema de clasificación según SUCS

Divisiones mayores	Símbolo de grupo	Nombres típicos	Criterios de clasificación para suelos granulares		
Suelos de grano grueso (más del 50% del material es mayor en tamaño que el tamiz No. 200)	Gravas (Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No. 4)	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino	$C_u = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_c = 1 < D_{30}/D_{10} \times D_{60} < 3$		
		Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW		
	Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo	
		Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcillosas	Límites de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$		
	Arenas (Más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz No. 4)	Arenas limpias (pocos o ningún fino)	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_c = 1 < D_{30}/D_{10} \times D_{60} < 3$	
			Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	Arenas limosas, mezclas arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	Si el material está en la zona sombreada con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se le asigna doble símbolo
			Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$	

Tabla 3. Clasificación SUCS para suelos de grano grueso (Bowles, 1981)

Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz No. 200)	Limos y arcillas (límite líquido $I_L < 50$ )	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría.</li> <li>Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No. 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% — GW, GP, SW, SP Más del 12% — GM, GC, SM, SC de 5 a 12% — Casos de frontera que requieren doble símbolo</li> </ol>	
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.		
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad		
	Limo y arcillas (límite líquido $> 50$ )	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, <b>suelos elásticos</b>		
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas		
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos		
	Suelos altamente orgánicos	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos		

Tabla 4. Clasificación SUCS para suelos de grano fino (Bowles, 1981)

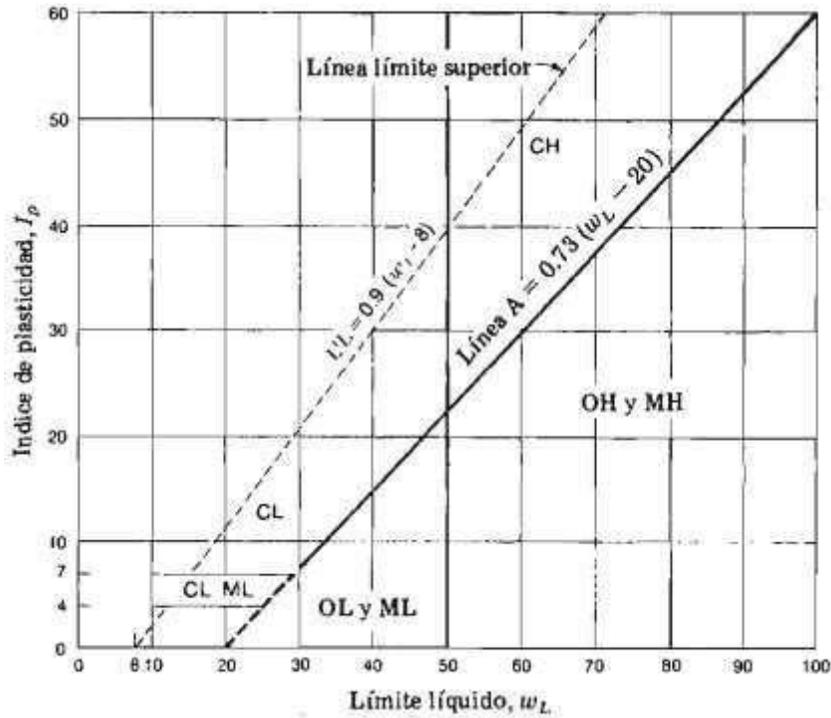


Figura 4 Gráfico de plasticidad (Bowles, 1981).

Hay que tener en cuenta además que, si más del 12 % del material pasa a través del tamiz No. 200; M = limo; C = arcilla. La designación limo o arcilla se determina después de obtener los valores de los límites líquido y plástico de la fracción menor al tamiz No. 40, y utilizando los criterios de la carta de plasticidad de Casagrande.

Las gravas y las arenas se pueden clasificar: GW-GC GW-GM SW-SC SW- SM GP-GC GP-GM SP-SC SP-SM si entre 5 y 12 %del material pasa a través del tamiz No. 200.

Los suelos de grano fino (más del 50% pasa el tamiz No. 200) son: ML, OL, o CL si los límites líquidos son menores que 50%; M = limo; O = suelos orgánicos; C = arcilla. (Bowles, 1981)

Los suelos de grano fino son: MH, OH ó CH si los límites líquidos son superiores a 50%; H = mayor que 50%. Los límites líquido y plástico se ejecutan sobre material correspondiente a la fracción menor del tamiz No. 40 de todos los suelos, incluyendo gravas, arenas, y suelos finos. (Bowles, 1981)

Estos límites se utilizan con la carta de plasticidad (cuadro A de Casagrande) para determinar el prefijo M, O, ó C. dependiendo de la localización de las coordenadas de plasticidad del suelo dentro de la carta. (Bowles, 1981)

Finalmente, cabe resaltar que existen una gran cantidad de ensayos además de los anteriormente expuestos, los cuales son utilizados principalmente para encontrar las características mecánicas del suelo, entre ellos ensayo de corte directo, ensayo triaxial,

ensayo de consolidación entre otros. (Bowles, 1981)

## **5.7. CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELOS GRANULARES**

### **5.7.1. ESTADOS LÍMITE DE FALLA**

Basados en los estudios publicados por Meyerhof 1951, para la obtención de la capacidad de carga en cimentaciones superficiales, se consideró una superficie de falla bajo una cimentación continua. La capacidad de carga última  $q_u$ , expresada de la siguiente manera:

$$q_u = cN_c + qN_q + 1/2 \gamma B N_\gamma$$

Adicionalmente para estimar la capacidad de carga última, se consideró el efecto de forma de la cimentación, afectando así a la ecuación anterior por los factores de forma  $\lambda_{cs}, \lambda_{qs}, \lambda_{\gamma s}$ ; el mismo que incrementa la capacidad de carga de la siguiente manera:

$$q_u = cN_c \lambda_{cs} + qN_q \lambda_{qs} + 1/2 \gamma B N_\gamma \lambda_{\gamma s}$$

De esta manera se estimó una capacidad de carga admisible,  $q_{adm} = q_u / FS =$  para un factor de seguridad de 3.0.

Los valores de ángulo de fricción utilizados para el cálculo de la capacidad de carga última, son tomados de las caracterizaciones geotécnicas y ensayos de laboratorio. (PATZÁN, 2009)

### **5.7.2. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO**

Los asentamientos iniciales (elásticos) en arenas, son considerados mediante correlaciones medidas de asentamientos bajo influencia del N60 desarrollado por Terzaghi and Peck (1967), Peck, Hansen and Thornburn (1974) y Meyerhoff (1965), los

que sugirieron varias relaciones empíricas para estimar los asentamientos.

$$\rho_i = \frac{5p^*}{(N - 1.5) C_R}$$

Mediante estas correlaciones se estiman los asentamientos inmediatos en arenas como resultado de la distorsión o cambio de forma del estrato bajo la influencia de la carga. (PATZÁN, 2009)

## 5.8. CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELOS COHESIVOS

### 5.8.1. ESTADOS LÍMITE DE FALLA

Basados en los estudios publicados por Meyerhof 1951, para la obtención de la capacidad de carga en cimentaciones superficiales, se consideró una superficie de falla bajo una cimentación continua. La capacidad de carga última  $q_u$ , expresada de la siguiente manera:

$$q_u = cN_c + qN_q + 1/2 \gamma BN_\gamma$$

Adicionalmente para estimar la capacidad de carga última, se consideró el efecto de forma de la cimentación, afectando así a la ecuación anterior por los factores de forma  $\lambda_{cs}$ ,  $\lambda_{qs}$ ,  $\lambda_{\gamma s}$ ; el mismo que incrementa la capacidad de carga de la siguiente manera:

$$q_u = cN_c\lambda_{cs} + qN_q\lambda_{qs} + 1/2 \gamma BN_\gamma\lambda_{\gamma s}$$

De esta manera se estimó una capacidad de carga admisible,  $q_{adm} = q_u / FS =$  para un factor de seguridad de 3.0.

Los valores de resistencia al cortante no drenada,  $S_u$ , utilizados para el cálculo de la capacidad de carga última, fueron tomados de las caracterizaciones geotécnicas, las

cuales fueron obtenidas de ensayos de compresión inconfiada de muestras inalteradas provenientes de muestreadores de pared delgada.

Adicionalmente para los estratos en los que no se realizaron estos ensayos, se implementaron correlaciones con el número de golpes del ensayo SPT corregido por energía y esfuerzo de confinamiento  $N_{1,60}$ , mediante la siguiente expresión, propuesta por Hiroshan Hettiarachchi and Timothy Brown (2009). (PATZÁN, 2009)

$$c_u/p_a = N_{60}/(1 + 5\alpha) = \alpha' N_{60}$$

### 5.8.2. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Los asentamientos iniciales (elásticos) en arcillas, son considerados mediante la teoría elástica desarrollada por Jambu, Bjerrum y Kjaernsli (1971).

$$\rho_i = I_o I_i \frac{qB}{E} (1 - \nu^2)$$

Mediante esta teoría se estiman los asentamientos inmediatos en arcillas como resultado de la distorsión o cambio de forma del estrato bajo la influencia de la carga, estimando los módulos  $E_u$  según el criterio de Duncan y Buchignani (1976).

Los módulos de elasticidad para los diferentes estratos de suelos cohesivos, se evaluaron a partir de curvas esfuerzo deformación de ensayos de compresión simple y de los módulos elásticos obtenidos en los ensayos de refracción sísmica. (PATZÁN, 2009)

## **6. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO**

### **6.1. PROCESAMIENTO DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

#### **6.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD**

Esta actividad consiste básicamente en recibir, procesar y analizar los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio principalmente ensayos de consolidación y clasificación de suelos. Cabe resaltar que, dentro de la empresa, este tipo de ensayos se realizan en dos situaciones específicas: la primera es cuando el cliente contrata exclusivamente los servicios del laboratorio, y el segundo caso es cuando el cliente contrata el estudio de suelos en general y el geotecnista es quien decide qué ensayos son pertinentes de acuerdo a los requerimientos de cada proyecto.

Para los ensayos de clasificación se utiliza el formato que se puede encontrar como Anexo 1, donde se especifican los resultados obtenidos, los cálculos realizados y finalmente se realiza la clasificación del suelo.

Por otra parte, para los ensayos de consolidación, inicialmente es necesario realizar un ensayo de Gravedad específica, el cual se registra en el formato referido en el presente informe como Anexo 2, ya que dicho resultado será posteriormente utilizado para el cálculo de la relación de vacíos en el ensayo de consolidación.

Posteriormente se utiliza una hoja de Excel programada, en la cual se registran los datos tomados en el laboratorio para el proceso de carga, descarga y recarga de la muestra, a partir de esto se generan unas gráficas, la cuales se presentarán a continuación para cada ensayo realizado, que servirán para el posterior análisis de los resultados, siguiendo el proceso gráfico tal y como se especifica en el marco teórico.

## 6.1.2. ENSAYOS PROCESADOS

### 6.1.2.1. ENSAYOS DE CONSOLIDACIÓN

Para este caso, inicialmente el laboratorista entregaba al área de ingeniería las mediciones tomadas del ensayo de consolidación para la carga, descarga y recarga de la muestra, con diferentes pesos en el siguiente formato:

Fotografía 1. Formato de laboratorio para ensayo de consolidación – Construsuelos de Colombia S.A.S

Junto con el formato del ensayo de gravedad específica el cual puede observarse en el Anexo 2.

Posteriormente, procedo a transcribir los datos a una hoja de Excel programada, similar al formato en el que se entregan los resultados a mano, para posteriormente crear una tabla en la cual se presenten la diferencia entre los valores de carga y recarga contra raíz del tiempo en minutos.

t minutos	$\sqrt{t}$ minutos	LECTURA EN MILIMETROS														
		CARGA								RECARGA						
		1000 gr.	1500 gr.	2500 gr.	5000 gr.	7200 gr.	9000 gr.	14500 gr.	24000 gr.	7200 gr.	9000 gr.	14500 gr.	24000 gr.	29000 gr.	34000 gr.	
0	0.00	0.0000	0.1640	0.7230	1.760	15296	2.2070	2.8810	4.2340	4.7940	4.8300	4.8950	4.9640	13.6190	13.6190	5.9530
0.1	0.25	0.0640	0.1790	0.8690	1.4430	1.9600	2.5680	3.4680	4.5000	4.8220	4.8720	4.9250	5.0260	13.6190	13.6190	5.0650
0.2	0.41	0.0640	0.1840	0.9090	1.4500	2.0100	2.5680	3.5520	4.5320	4.8220	4.8730	4.9300	5.0590	13.6190	13.6190	5.0190
0.3	0.50	0.0860	0.1890	0.9290	1.4570	2.0160	2.5680	3.5770	4.5800	4.8230	4.8730	4.9400	5.0640	13.6190	13.6190	4.9610
0.5	0.71	0.0870	0.1910	0.9390	1.4660	2.0290	2.6120	3.6150	4.7200	4.8230	4.8740	4.9490	5.0720	13.6190	13.6190	4.4640
1.0	1.00	0.1050	0.1940	0.9540	1.4740	2.0410	2.6280	3.6190	4.8000	4.8240	4.8760	4.9500	5.0810	13.6190	13.6190	4.2870
2.0	1.41	0.1120	0.1940	1.0290	1.4810	2.0490	2.6370	3.7740	4.8460	4.8250	4.8760	4.9520	5.0800	13.6190	13.6190	4.1230
4.0	2.00	0.1200	0.1970	1.0750	1.4860	2.1290	2.6430	3.8080	4.8670	4.8250	4.8770	4.9540	5.0830	13.6190	13.6190	4.1230
8.0	2.83	0.1270	0.1780	1.0640	1.4940	2.1760	2.6490	3.8400	4.8880	4.8250	4.8780	4.9560	5.1010	13.6190	13.6190	4.0960
15.0	3.87	0.1340	0.1780	1.0670	1.4960	2.1860	2.6630	3.9040	4.9250	4.8260	4.8790	4.9590	5.1070	13.6190	13.6190	4.0920
30.0	5.48	0.1420	0.1790	1.0900	1.5060	2.1940	2.6730	3.9580	4.9560	4.8270	4.8880	4.9600	5.1070	13.6190	13.6190	4.0770
60.0	7.75	0.1500	0.1790	1.1000	1.5120	2.2000	2.6870	4.0060	4.9660	4.8280	4.8820	4.9620	5.1240	13.6190	13.6190	4.0670
120.0	10.95	0.1640	0.1720	1.1600	1.5250	2.2670	2.8910	4.1090	5.0340	4.8300	4.8950	4.9640	5.1310	13.6190	13.6190	4.0550
180.0	13.42															
240	15.49															
480	21.91															
960	31.35															

Tabla 5. Ejemplo tabla raíz de t Vs lectura en mm

A partir de esta tabla se generan gráficas para cada valor de carga y recarga, de las cuales, tal como se especifica en el marco teórico, es posible obtener el valor de  $C_v$ ,  $t_{90}$ ,  $d_{90}$  y  $d_{100}$ , realizando las respectivas lecturas con ayuda de líneas trazadas de manera manual tal como se presenta a continuación como ejemplo.

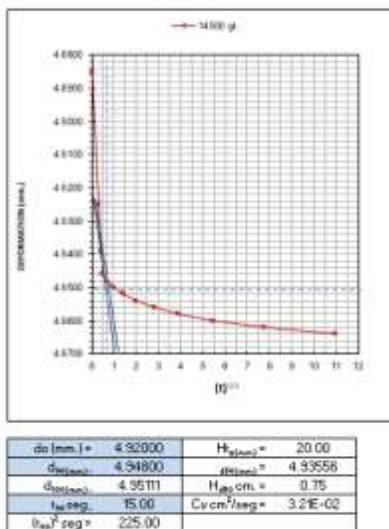


Figura 5. Gráfico tipo Deformación vs  $t^{0.5}$

Luego, a partir de la lectura del d100 y el resultado de la gravedad específica se introducen en la hoja de Excel programada, para finalmente generar la gráfica de Stress Vs Void Ratio.

<b>Specific Gravity</b>	G <sub>s</sub>	2.60	W <sub>i</sub>	18.60 %
<b>Initial Wet soil weight</b>	W <sub>hi</sub>	76.00 gr.		
<b>Final Wet soil weight</b>	W <sub>hf</sub>	73.60 gr.		
<b>Dry soil weight</b>	W <sub>s</sub>	64.50 gr.		
<b>Initial Water weight</b>	W <sub>wi</sub>	12.00 gr.		
<b>Final Water weight</b>	W <sub>wf</sub>	9.10 gr.		
<b>Water Volume</b>	V <sub>w</sub>	12.00 cm <sup>3</sup>	W <sub>f</sub>	14.11 %

Volume of Solids	V <sub>s</sub> = W <sub>s</sub> /G <sub>s</sub>	64.50 / 2.60	24.81 cm <sup>3</sup>
Total Volume	V <sub>t</sub>		39.27 cm <sup>3</sup>
Pore Volume	V <sub>p</sub>		14.46 cm <sup>3</sup>
Void Ratio	e <sub>v</sub>	14.462 / 24.808	0.583
Initial Saturation	s	12.000 / 14.462	82.97 %
Solid Height	H <sub>s</sub>	24.808 / 19.635	1.26 cm. / 12.63 mm
Pore Height	H <sub>p</sub>	14.462 / 19.635	0.74 cm. / 7.37 mm
			2.00 cm. / 20.00 mm

LOAD						UNLOAD					
Cycle	Load	Stress	Reading	H/Hs	Void Ratio	Cycle	Load	Stress	Reading	H/Hs	Void Ratio
	Kg.	Kg/cm <sup>2</sup>	mm.	mm/mm.	e=e <sub>v</sub> H/Hs		Kg.	Kg/cm <sup>2</sup>	mm.	mm/mm.	e=e <sub>v</sub> H/Hs
1	10.00	0.509	0.0956	0.0076	0.575	1	240.00	12.223	4.9800	0.3942	0.189
2	16.00	0.815	0.7044	0.0558	0.540	2	145.00	7.385	4.9320	0.3904	0.193
3	25.00	1.273	0.9556	0.0756	0.507	3	90.00	4.584	4.8770	0.3860	0.197
4	50.00	2.546	1.4244	0.1127	0.470	4	72.00	3.667	4.8000	0.3799	0.203
5	72.00	3.667	2.2000	0.1741	0.409						
6	90.00	4.584	2.7668	0.2190	0.364						
7	145.00	7.385	3.6178	0.2863	0.297						
8	240.00	12.223	4.8556	0.3843	0.199						

RELOAD					
Cycle	Load	Stress	Reading	H/Hs	Void Ratio
	Kg.	Kg/cm <sup>2</sup>	mm.	mm/mm.	e=e <sub>v</sub> H/Hs
1	72.00	3.667	4.8254	0.3819	0.201
2	90.00	4.584	4.8767	0.3860	0.197
3	145.00	7.385	4.9511	0.3919	0.191
4	240.00	12.223	5.0778	0.4019	0.181
5	290.00	14.770	4.9044	0.3882	0.195

Tabla 6. Hoja de cálculo programada - Ensayo de Consolidación

Los datos señalados en rojo corresponden a los datos de entrada.

Finalmente, a partir de la tabla anterior se presenta la gráfica Stress Vs Void Ratio, de la cual con el método especificado en el numeral 6.5. Del marco teórico, se hallan los valores de los coeficientes Cr, Cc, CR y RR así como el esfuerzo de preconsolidación y OCR.

A continuación, se presentan resúmenes de los proyectos y ensayos de consolidación trabajados durante el tiempo de práctica.

<b>1. PROYECTO GENERAL: EJECUCIÓN ESTUDIOS GEOTÉCNICOS EN LOTES Y SUBESTACIONES PROPIEDAD DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P. (ESSA).</b>									
<b>UBICACIÓN</b>	<b>SONDEO - MUESTRA</b>	<b>CLIENTE</b>	<b>PARÁMETROS ENCONTRADOS</b>						
			<b>eo</b>	<b>OCR</b>	<b>Cr</b>	<b>Cc</b>	<b>CR</b>	<b>RR</b>	<b><math>\sigma_{vm}</math></b>
OIBA	S3-M7	ESSA	0.505	1.184	0.054	0.332	0.221	0.036	0.65
	S7-M4		0.545	1.130	0.042	0.160	0.104	0.027	0.60
SUAITA	S1-M4		0.58	4.70	0.094	0.259	0.164	0.059	1.30
SAN GIL	S1-M12		0.277	1.695	0.029	0.126	0.098	0.02	0.90

*Tabla 7. Tabla resumen de ensayos de Consolidación para la ESSA*

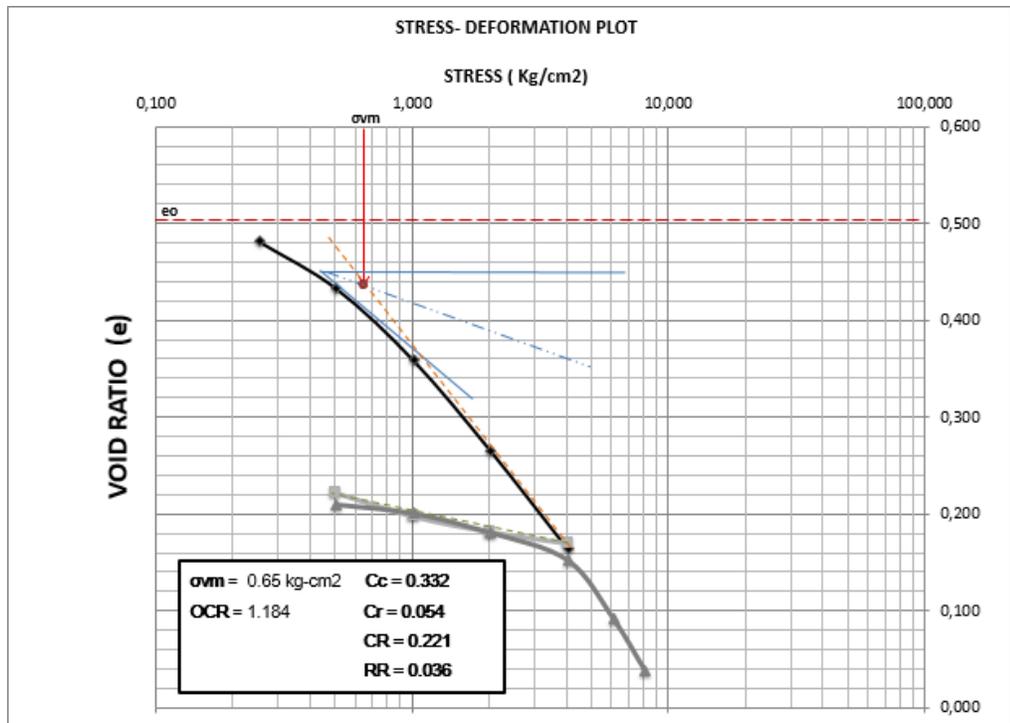


Figura 6. Deformación vs Relación de vacíos - OIBA S3-M7

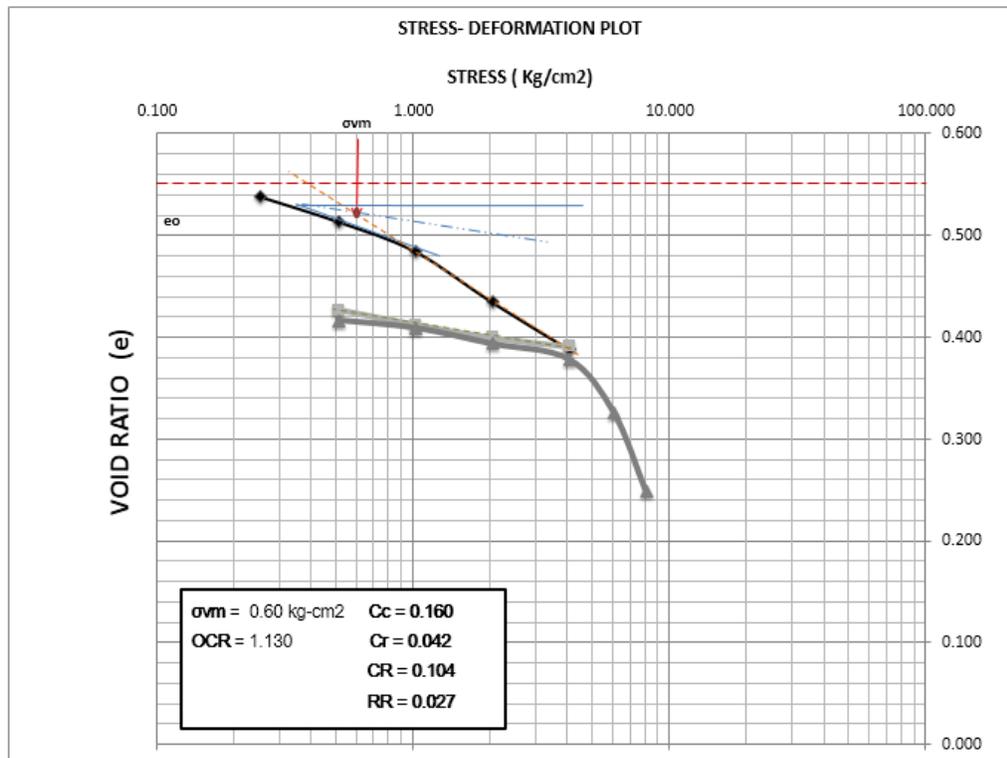


Figura 7. Deformación vs Relación de vacíos – SUAITA S7-M4

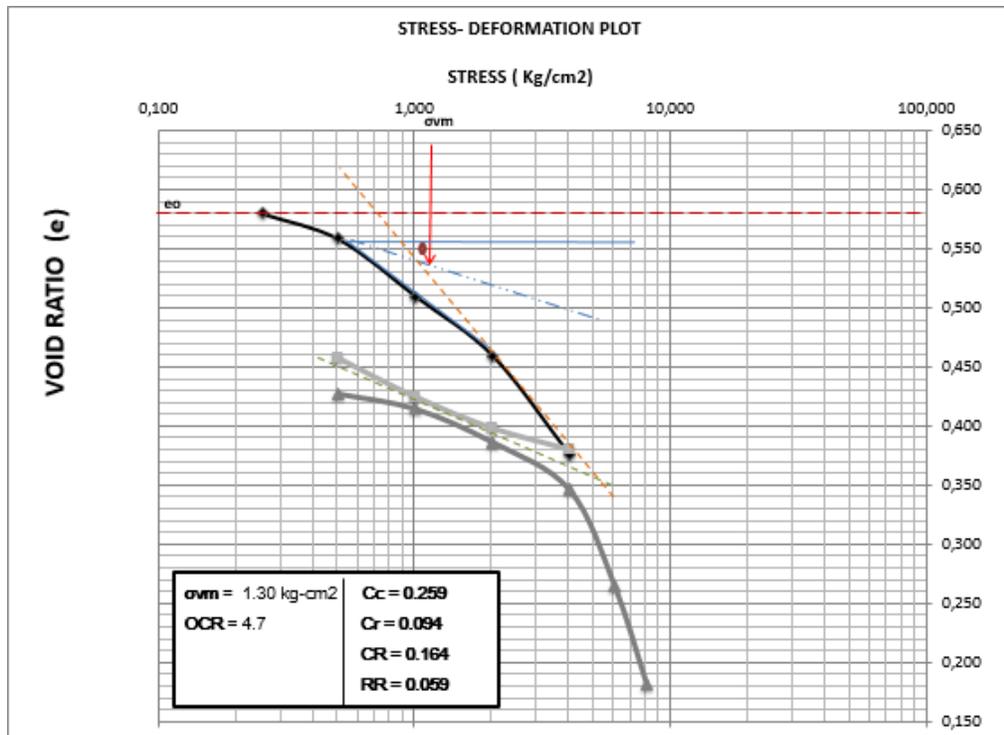


Figura 9. Deformación vs Relación de vacíos - OIBA S7-M4.

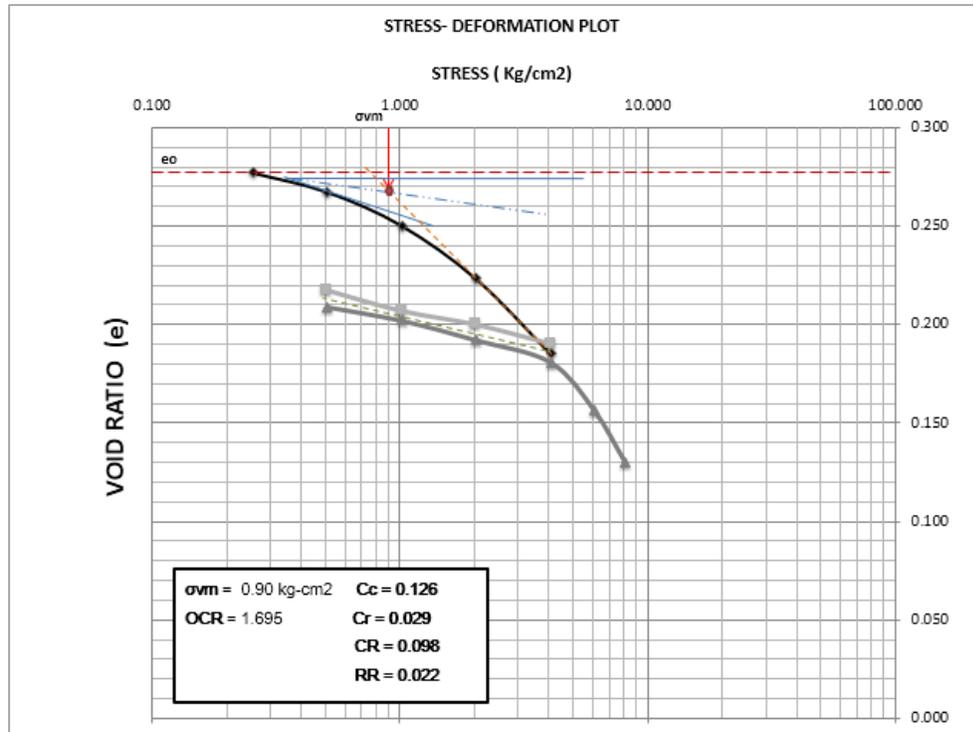


Figura 8. Deformación vs Relación de vacíos – SAN GIL S1-M12

**2. PROYECTO GENERAL: ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES  
PROYECTO AMPLIACIÓN HOSPITAL DE SAN GIL - SANTANDER**

UBICACIÓN	SONDEO - MUESTRA	CLIENTE	PARÁMETROS ENCONTRADOS						
			eo	OCR	Cr	Cc	CR	RR	$\sigma_{vm}$
SAN GIL	S3-M2	UNION TEMPORAL A.S	0.245	1.177	0.029	0.166	0.133	0.023	1.60
	S3-M8		0.287	2.413	0.043	0.227	0.177	0.033	1.60
	S2-M2		0.102	4.04	0.023	0.094	0.085	0.021	0.55
	S2-M10		0.240	0.763	0.031	0.201	0.160	0.025	1.60

Tabla 8. Tabla resumen de ensayos de Consolidación para estudio geotécnico para ampliación Hospital San Gil

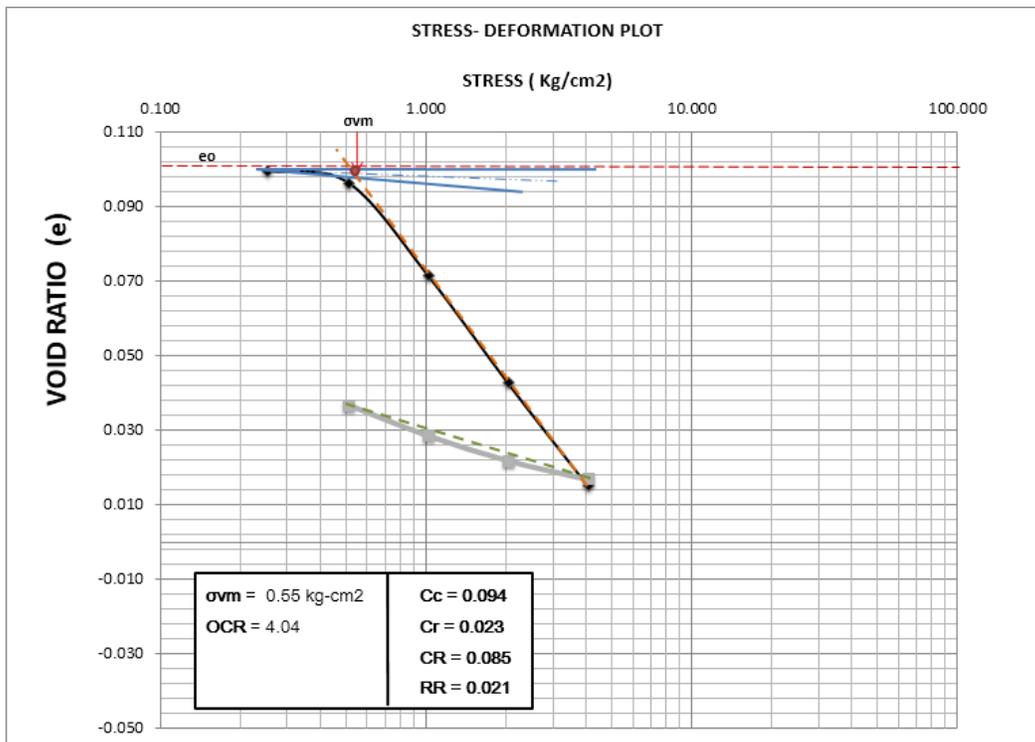


Figura 10. Deformación vs Relación de vacíos – SAN GIL S2 - M2

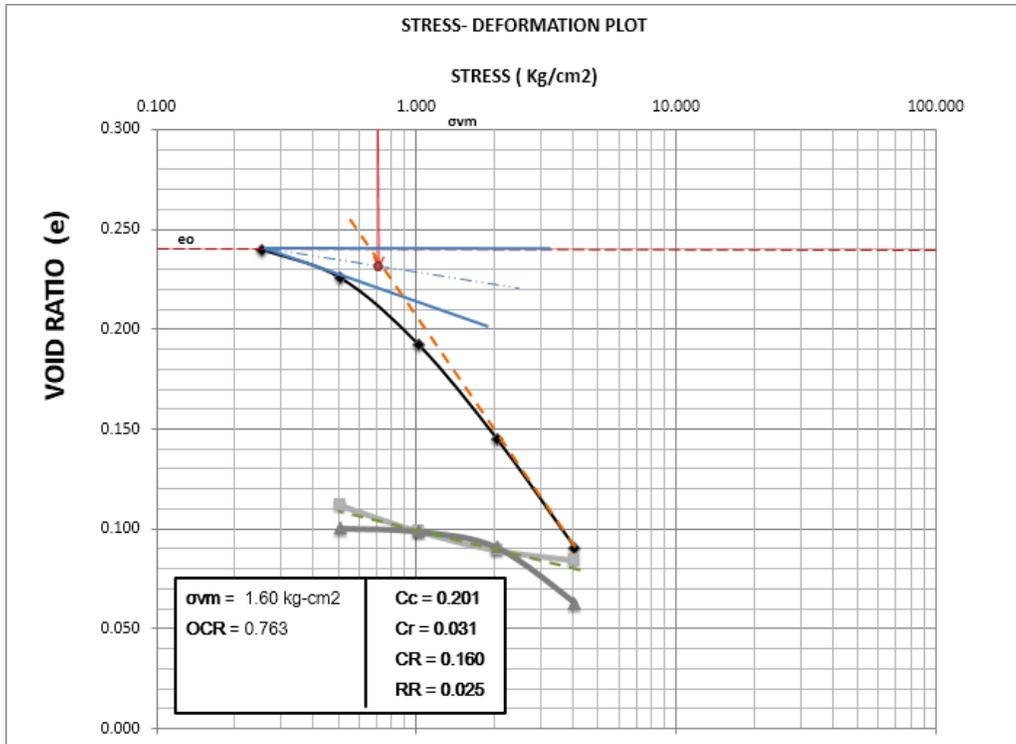


Figura 11. Deformación vs Relación de vacíos – SAN GIL S2 - M10

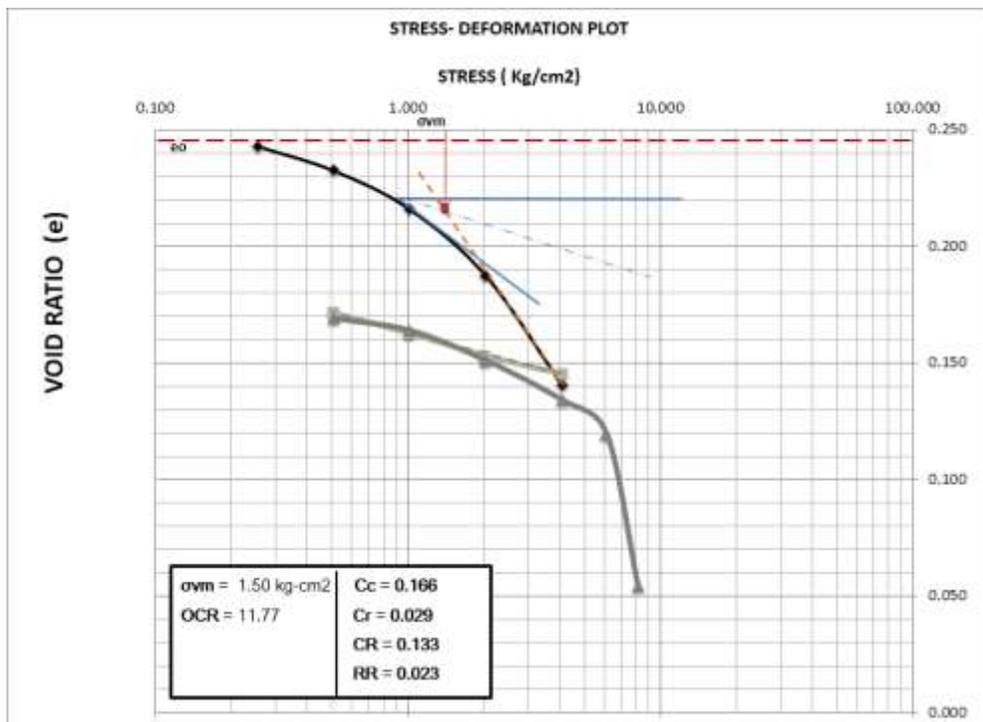


Figura 12. Deformación vs Relación de vacíos – SAN GIL S3 - M2

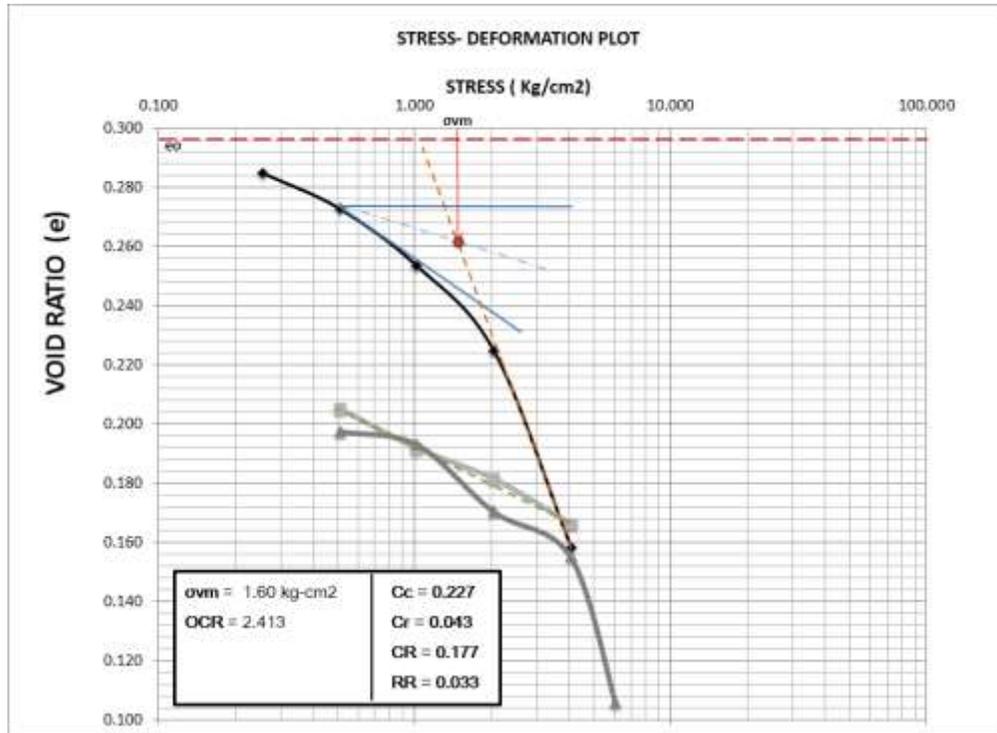


Figura 13. Deformación vs Relación de vacíos – SAN GIL S3 - M8

1. PROYECTO GENERAL: TOUCHSTONE TSF SEGOVIA - ANTIOQUIA									
UBICACIÓN	SONDEO - MUESTRA	CLIENTE	PARÁMETROS ENCONTRADOS						
			eo	OCR	Cr	Cc	CR	RR	σ <sub>vm</sub>
SEGOVIA	SHB-01 M5	TOUCHTONE - COLOMBIA	0.496	4.482	0.022	0.199	0.133	0.015	1.60
	SBH-01 M11		0.364	1.085	0.033	0.149	0.110	0.024	1.30
	SBH-02 M4		0.505	4.278	0.042	0.100	0.066	0.028	1.20
	SBH-05 M12		0.367	0.766	0.018	0.115	0.084	0.013	1.10

Tabla 9. Tabla resumen de ensayos de Consolidación de la exploración geotécnica realizada para TOUCHTONE en Segovia - Antioquia

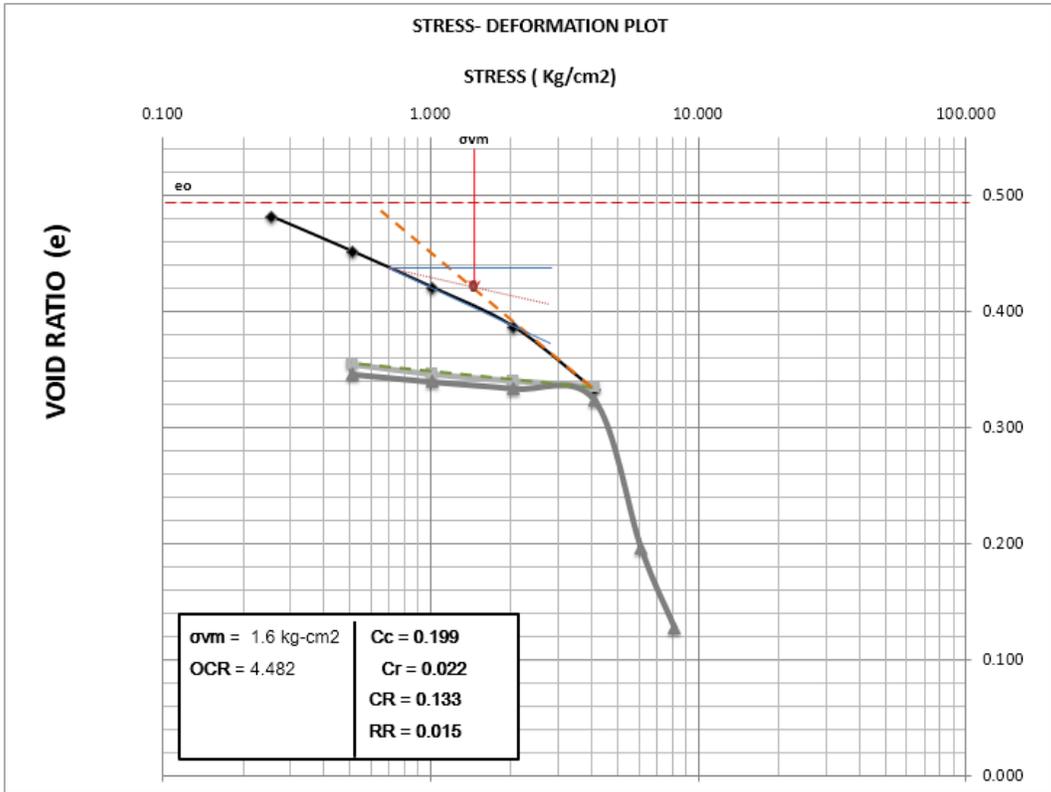


Figura 14. Deformación vs Relación de vacíos – SEGOVIA SHB-01-M5

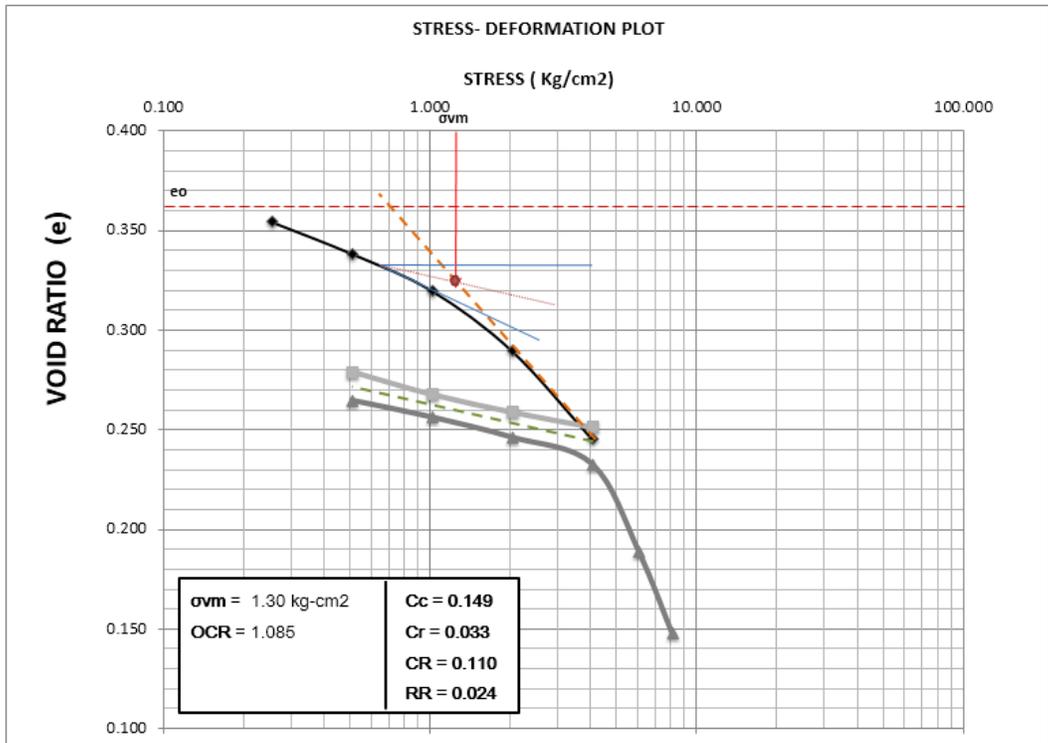


Figura 15. Deformación vs Relación de vacíos – SEGOVIA SBH-01-M11

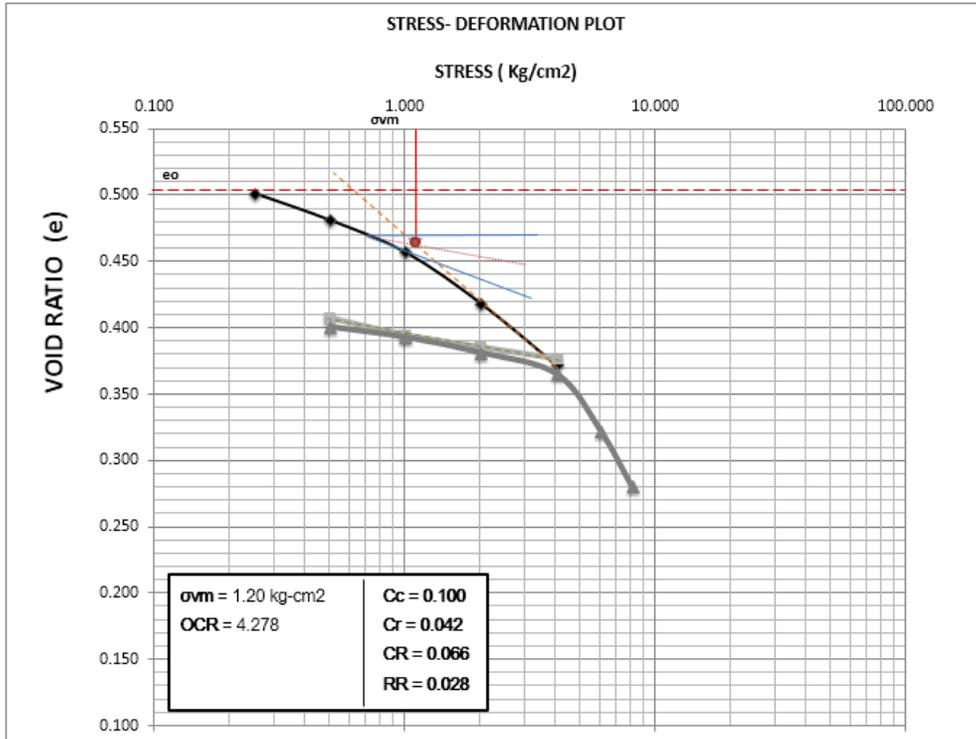


Figura 16. Deformación vs Relación de vacíos – SEGOVIA SBH -02 - M4

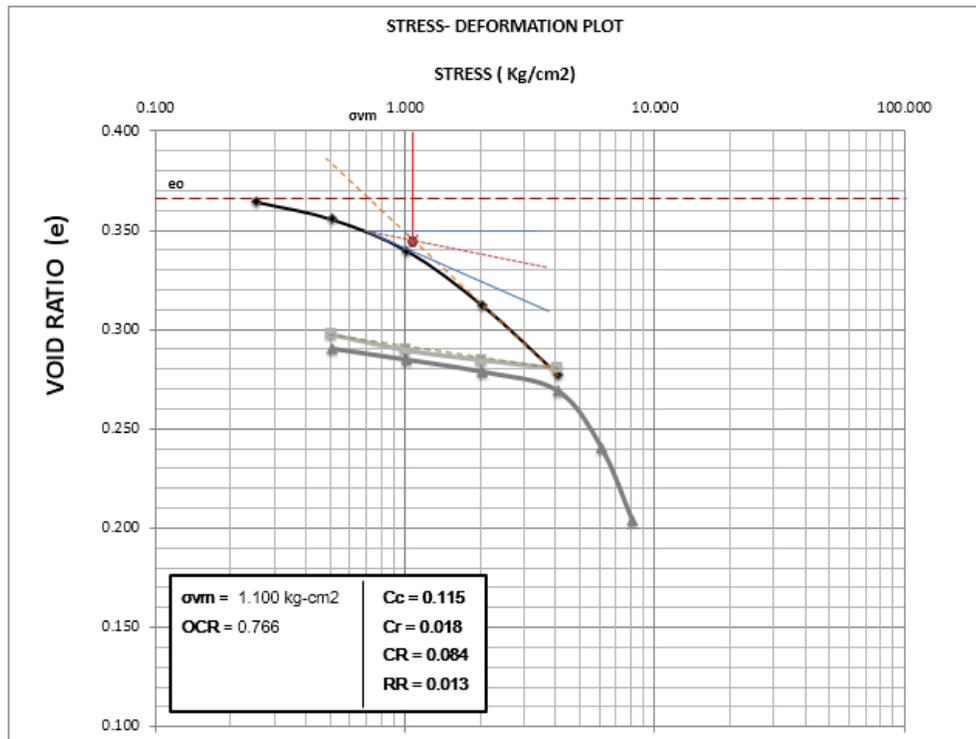


Figura 17. Deformación vs Relación de vacíos – SEGOVIA SBH -05-M12

## **6.2. INFORMES Y ESTUDIOS DE SUELOS**

### **6.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD**

En este caso, la actividad consiste en generar informes finales para entregar a los clientes, con forme a los estudios (Resultados de laboratorio) y diagnósticos realizados, dichos informes deben incluir datos generales como introducción, alcance, objetivos y ubicación del proyecto, igualmente se debe hacer una breve reseña sobre la geología regional y local, posteriormente se detalla teóricamente la metodología que se utilizó para la extracción de muestras, cabe resaltar que en la mayoría de los casos se utiliza SPT o extracción por medio de apiques de acuerdo a los equipos disponibles en la empresa y los requerimientos del proyecto.

La exploración del subsuelo se lleva a cabo mediante la ejecución de perforaciones, por medio de ensayos corridos de penetración estándar (S.P.T.) con equipo de perforación a percusión donde se sacaron muestras semi- alteradas para los respectivos ensayos de laboratorio. Este muestreador consta de dos tubos concéntricos uno exterior y uno interior. El exterior dispone de una zapata con diamantes que corta el material por rotación, el interior lleva una camisa donde la muestra queda atrapada para realizarle los estudios. Una trampa de hojas metálicas dificulta la salida de la muestra una vez que se ha introducido.

El muestreador del SPT se introduce en el suelo con un martillo de seguridad 140 libras y una caída de 30 pulgadas (aproximadamente, se espera algún error del operador dado el uso del mecanismo cuerda y malacate). El muestreador se introduce hasta los 50 golpes en los primeros 15 cm o 100 golpes en los últimos 30cm (rechazo), cualesquiera

que ocurran primero. El número de golpes se registra en golpes por pie para los sondeos actuales.



*Ilustración 11. Muestrador del ensayo de penetración estándar (SPT) - Construsuelos de Colombia S.A.S.*

Así mismo, se presenta un cuadro resumen de los golpes del SPT junto con una descripción del suelo de acuerdo a la estratificación del mismo y el número de sondeos así como un cuadro resumen de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio y una caracterización del suelo realizada en el programa SigmaPlot, que consiste en graficar los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas a diferentes profundidades para cada sondeo realizado, que posteriormente servirá para evaluar el comportamiento del suelo a profundidad y realizar comparaciones.

Es importante hacer énfasis en que la mayoría de los estudios de suelos realizados se hacen con el objetivo de que se genere recomendaciones para cimentar diferentes estructuras, por tanto, en los informes se presenta una sección de teoría en la cual se

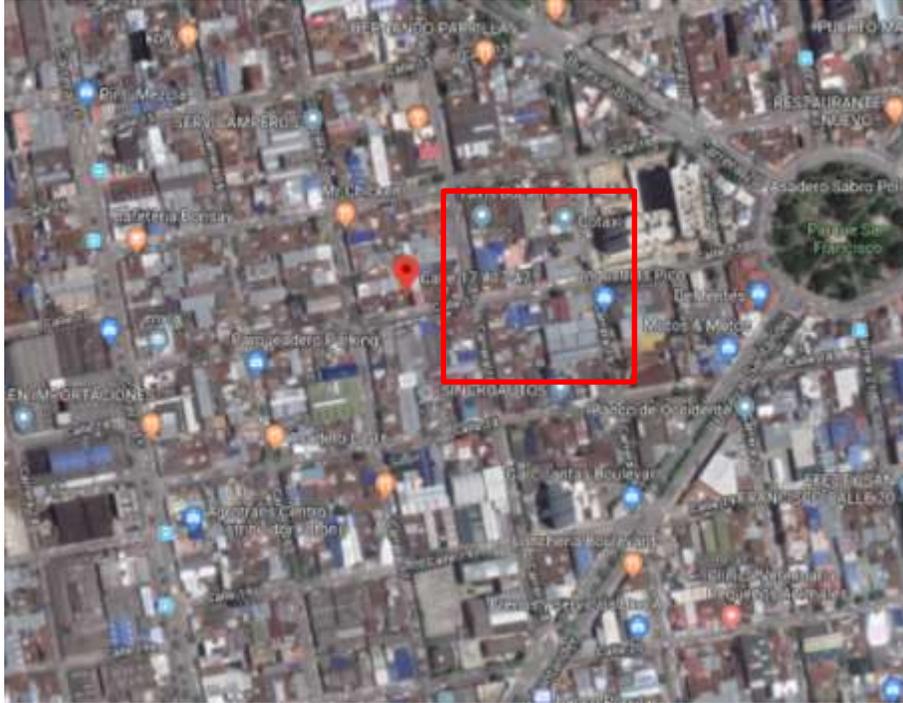
especifica la metodología por medio de la cual se van a realizar los respectivos cálculos, similar a lo que se expone en el presente informe en el marco teórico en los numerales 6.7 y 6.8.

Finalmente, se presentan las recomendaciones geotécnicas de acuerdo a la necesidad de cada proyecto. En el caso de recomendaciones para cimentación, se presentan las memorias de cálculo y los resultados de verificar los asentamientos inmediatos y diferenciales, para diferentes dimensiones de zapatas, asegurándonos de que se cumpla no establecido en la NSR – 10, así como recomendaciones básicas para la estabilidad en las excavaciones y para rellenos en caso de necesitarse. Cabe resaltar que en algunos casos, según los requerimientos del proyecto y el cliente, se utilizan Software como Slide y GeoStudio/SlopeW para realizar análisis de estabilidad de excavaciones y Settle 3D para el cálculo de asentamientos inmediatos.

## **6.2.2. INFORMES DE PROYECTOS REALIZADOS**

### **6.2.2.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO COMPLEMENTARIO PROYECTO SAN FRANCISCO TOWER – BUCARAMANGA**

El proyecto se encuentra localizado en la Calle 17 N°17-47 en el barrio San Francisco, en el municipio de Bucaramanga - departamento de Santander.



*Ilustración 12. Ubicación San Francisco Tower - Google Earth*

La exploración consistió en la ejecución de un (1) sondeo a 25 metros de profundidad. El sondeo fue realizado en la misma área de estudio, en la cual previamente se realizó un estudio de suelos por parte de la empresa **Andina Ingeniería**, cuyos resultados fueron tenidos en cuenta para la elaboración de las recomendaciones del informe en cuestión.

Para cada uno de los sondeos se obtienen resultados de los ensayos de laboratorio que se presentan dentro del documento.

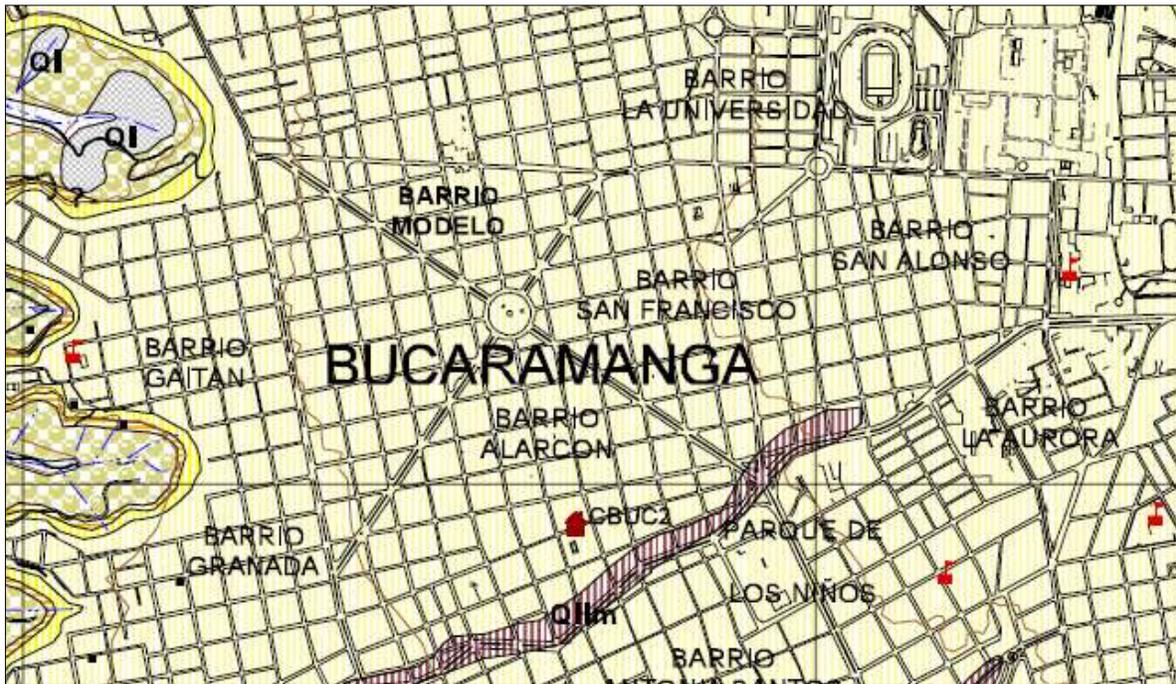


Fotografía 2. Sondeo 1 - San Francisco Tower

PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO DE GOLPES			DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS
	6"	12"	18"	
0.00 - 0.45	21	18	19	Material lodo gravas de color café claro, con tonalidades gris claro, compuesto principalmente por partículas tamaño limo y arcilla en menor proporción, además de algunas gravas subangulares finas a medianas de hasta 40 mm, también se encuentra una fracción menor de arena media a muy gruesa. El segmento es de apariencia heterogénea, seco a húmedo, de consistencia firme, plasticidad media, fuerte a leve reacción al HCL, moderadamente seleccionado y con presencia de fragmentos de concreto y ladrillo. Posible suelo transportado antrópico.
0.45 - 0.90	7	9	16	
0.90 - 1.35	10	4	5	
1.35 - 1.80	2	2	6	Material lodo arenoso de color café claro con tonalidades naranja y rojizo, compuesto mayormente por partículas tamaño limo, una fracción despreciable de arcilla, importantes cantidades de arena fina a muy gruesa y algunas gravas subangulares finas de hasta 10 mm. El segmento es de apariencia homogénea, húmedo, de consistencia firme, plasticidad media, nula reacción al HCL y moderadamente seleccionado. Posible suelo transportado de la Formación Bucaramanga, miembro Limos Rojos.
1.80 - 2.25	7	7	8	
2.25 - 2.70	7	9	9	
2.70 - 3.15	7	10	9	
3.15 - 3.60	15	17	19	
3.60 - 4.05	19	23	19	
4.05 - 5.55	BARRENA			
5.55 - 6.00	13	20	43	Material lodo gravoso de color café claro con tonalidades rojizas, gris claro y amarillo claro, compuesto principalmente por partículas tamaño limo, además de importantes cantidades de arcilla, también se encuentran gravas subangulares a subredondeadas finas a bloques de hasta 330 mm. El segmento es de apariencia parcialmente homogénea, húmedo a mojado, de consistencia blanda a muy blanda, plasticidad alta a media, nula reacción al HCL y muy pobremente seleccionado. Presenta olores fuertes a la profundidad de 21 metros. Posible suelo transportado de la Formación Bucaramanga, miembro Limos Rojos.
6.00 - 7.50	BARRENA			
6.00 - 7.50	47			
7.50 - 9.00	BARRENA			
7.50 - 9.00	48			
9.00 - 10.50	BARRENA			
9.00 - 10.50	46			
10.50 - 12.00	BARRENA			
10.50 - 12.00	47			
12.00 - 13.50	BARRENA			

12.00 - 13.50	48			Material lodo gravoso de color café claro con tonalidades rojizas, gris claro y amarillo claro, compuesto principalmente por partículas tamaño limo, además de importantes cantidades de arcilla, también se encuentran gravas subangulares a subredondeadas finas a bloques de hasta 330 mm. El segmento es de apariencia parcialmente homogénea, húmedo a mojado, de consistencia blanda a muy blanda, plasticidad alta a media, nula reacción al HCL y muy pobremente seleccionado. Presenta olores fuertes a la profundidad de 21 metros. Posible suelo transportado de la Formación Bucaramanga, miembro Limos Rojos.
13.50 - 15.00		BARRENA		
13.50 - 15.00	46			
15.00 - 16.50				
15.00 - 16.50	45			
16.50 - 18.00		BARRENA		
16.50 - 18.00	47			
18.00 - 19.50		BARRENA		
18.00 - 19.50	48			
19.50 - 21.00		BARRENA		
19.50 - 21.00	46			
21.00 - 22.50		BARRENA		
21.00 - 22.50	48			
22.50 - 24.00		BARRENA		
22.50 - 24.00	45			
24.00 - 25.00		BARRENA		

Tabla 10. Tabla resumen de exploración de campo - San Francisco Tower



F O R M A C I O N	B U C A R A M A N G A		Qlr Miembro limos rojos	Arenas arcillosas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y naranjas. Existen esporádicos bloques angulares grandes, de arenisca, asociados superficialmente a este miembro.
			Qbg Miembro gravoso	Depósito fluvio-torrencial con niveles gravosos, gravoarenosos y gravoideos. Cantos subredondeados a subangulares de areniscas y rocas ígneas, en matriz areno-arcillo-limosa, color pardo rojizo, rojizo y ocre pálido.
			Qbf Miembro finos	Depósitos con niveles arcillo-limosos plásticos de colores grises a verdes hacia la base. Hacia el techo predominan niveles areno-limosos y limoarenosos arcóscos de colores amarillento a pardo amarillento.
			Qbo Miembro órganos	Depósito fluvio-torrencial compuesto por una serie monótona de fragmentos gruesos polimicticos, de aspecto conglomerático, en alternancia con capas y lentes limo arenosos, con variaciones laterales y verticales en composición y textura.

Ilustración 13. Zonificación Geológica

De las exploraciones geotécnicas realizadas se compararon las muestras más representativas para realizar ensayos de clasificación, tales como humedades, granulometrías por mallas con lavado, límites de consistencia y ensayos de resistencia.

PROFUNDIDAD (m)	CLASF. SUCS	CLASF. AASH	LL	IP	PPT 200	HUMEDAD (%)
0.00 - 0.45	SM	A-2-4	-	-	27.49	12.90
0.45 - 0.90						14.12
0.90 - 1.35						15.24
1.35 - 1.80	SM	A-4	29	5	40.91	16.01
1.80 - 2.25						14.74
2.25 - 2.70						13.98
2.70 - 3.15						10.34
3.15 - 3.60						10.92
3.60 - 4.05						14.21
4.05 - 5.55	SM	A-4	33	6	43.39	20.70
5.55 - 6.00	SM	A-4	31	8	49.86	20.46
6.00 - 7.50						25.11
7.50 - 9.00						16.07
9.00 - 10.50						9.65
10.50 - 12.00	SM	A-2-4	34	7	29.74	15.21
12.00 - 13.50	GM	A-2-4	39	7	25.16	20.33
13.50 - 15.00						26.33
15.00 - 16.50						34.00
16.50 - 18.00						20.44
18.00 - 19.50	GM	A-2-4	31	8	15.74	32.09
19.50 - 21.00	GM	A-4	37	6	36.23	60.71
21.00 - 22.50						22.78
22.50 - 24.00						10.72
24.00 - 25.00						19.39

*Tabla 11. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio. - San Francisco Tower*

Así mismo, a partir de los resultados presentados en el estudio de suelos previo realizado por Andina Ingeniería en el año 2014, se realizó la caracterización del suelo por medio del programa SigmaPlot anexando los resultados presentados anteriormente.

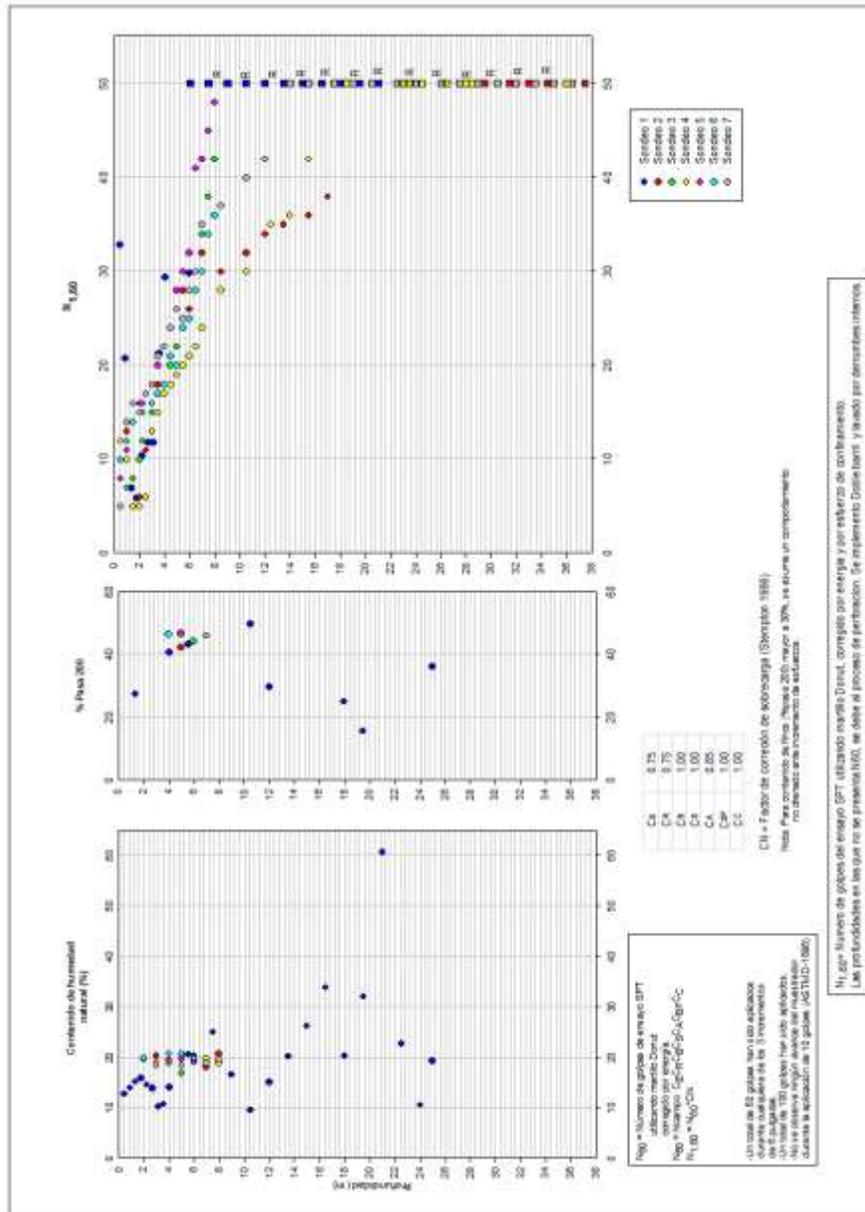


Figura 18. Caracterización del perfil del suelo – Sondeos 1-7 (Andina Ingeniería) – San Francisco Tower

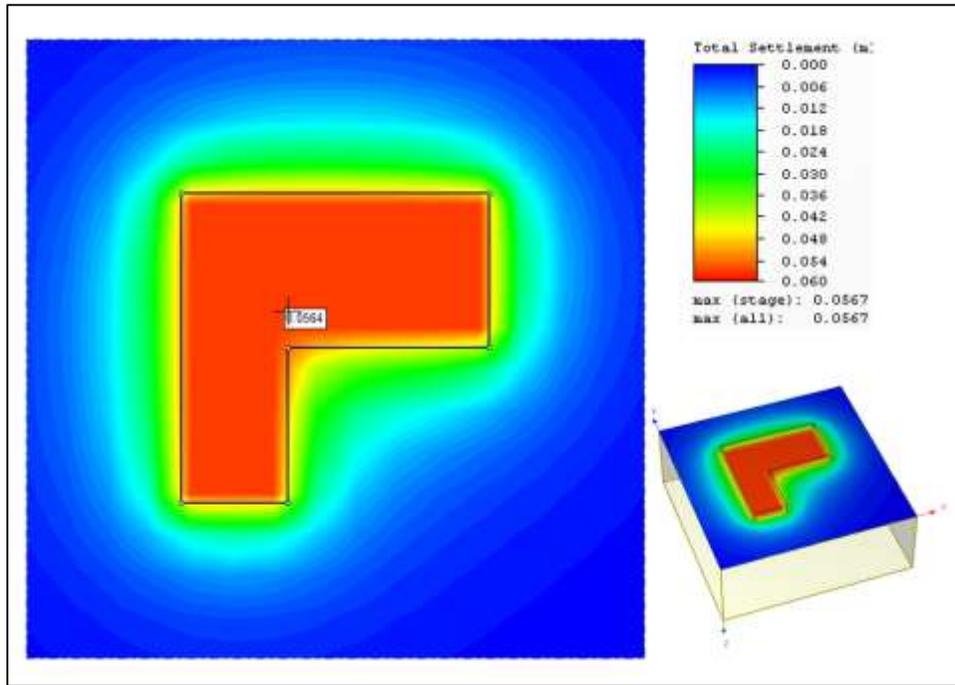
A partir de esta caracterización fue posible identificar que el suelo de estudio, posee una cantidad importante de material fino y que no se encontró presencia de aguas freáticas.

Posteriormente se procedió a realizar la evaluación de los estados límite de falla y de servicio, para así calcular los respectivos asentamientos.

<b>CAPACIDAD DE CARGA</b>		
$\gamma_1$	1,8	T/m <sup>3</sup>
$\phi_1$	32	*
$c_1$	0,0	T/m <sup>2</sup>
FS	3	
N <sub>y</sub>	22,02	
N <sub>q</sub>	23,18	
N <sub>cr</sub>	35,49	
L		m
Df	7,6	m
<b>ANCHO B</b>	<b>qult</b>	<b>qadm</b>
(m)	T/m <sup>2</sup>	T/m <sup>2</sup>
3,50	387,6	129,19
16,00	635,0	211,68
18,00	674,7	224,89
20,00	714,1	238,03

Tabla 12. Evaluación estado límite de falla - San Francisco Tower

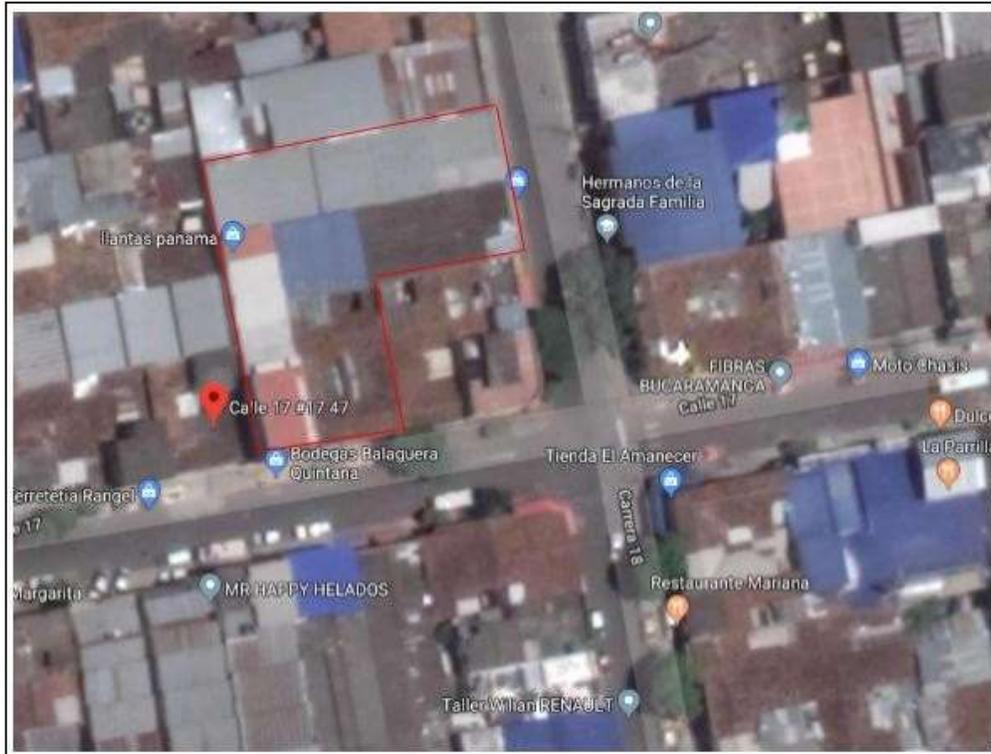
Se realizó un análisis de capacidad de carga para las dimensiones que tendría la losa de cimentación, en la ilustración 7, se presentan los resultados obtenidos para asentamientos inmediatos por medio del software Settle 3D, el cual arroja un asentamiento máximo de 5.67 cm.



*Ilustración 14. Evaluación de estado límite de Servicio (Asentamientos inmediatos) Placa de cimentación en Seattle 3D - San Francisco Tower*

Se obtuvieron valores de 5.67 cm de asentamientos inmediatos para la carga aplicada al modelo, con lo cual se calculó el módulo de reacción del suelo inicial  $K= 529.1 \text{ Ton/m}^3$

Por otra parte, se realizó un análisis de estabilidad para las excavaciones necesarias por medio del software Geostudio V.2012, en el cual se contemplaron cuatro escenarios distintos de acuerdo a los predios colindantes a la excavación



*Ilustración 15. Localización del proyecto San Francisco Tower – Google Earth*

Hacia el costado sur el lote colinda con la calle 17, al costado oriental colinda con la calle 18 rodeando edificaciones de 1 nivel tal como se muestra en la ilustración 17, al costado occidental, oriental y norte del predio.

- Soil Model: Mohr-Coulomb
- Peso volumétrico: 18.0 kN/m<sup>3</sup>
- Cohesión: 10 kPa
- $\phi$ : 32°
- Espesor: 0.0-7.60 m

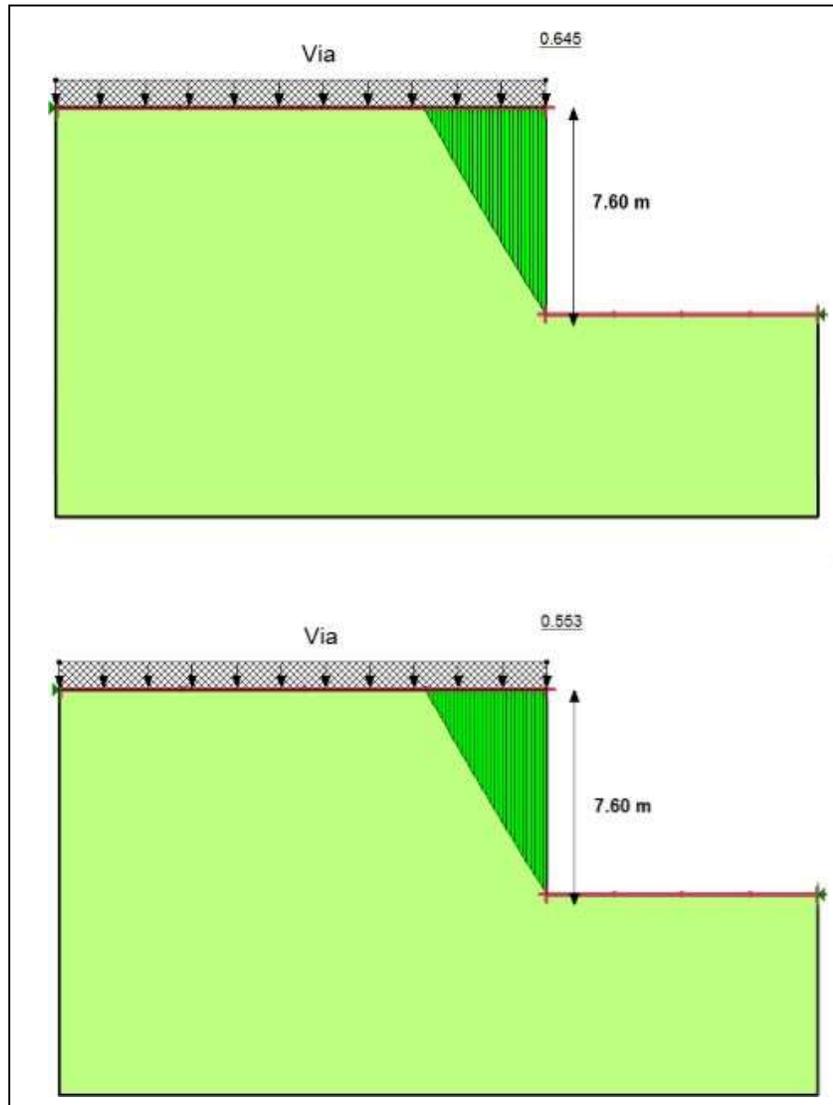
Se tendrá en cuenta que según el Título H de la NSR-10 se especifica que la sobrecarga uniforme mínima a considerar en vía pública y zonas libres próximas a excavaciones temporales será de **15 kPa (1.5 t/m<sup>2</sup>)**.

Así mismo es pertinente tener en cuenta los factores mínimos admisibles en condición estática y pseudo-estática para una excavación temporal:

Condición	Construcción	Estático	Sismo	Seudo estático
<b>Deslizamiento</b>	1.60	1.60	Diseño	1.05
<b>Volcamiento:</b> el que resulte más crítico de Momento Resistente/ Momento Actuante Excentricidad en el sentido del momento (e/B)	≥ 3.00 ≤ 1/6	≥ 3.00 ≤ 1/6	Diseño Diseño	≥ 2.00 ≤ 1/4
<b>Capacidad portante</b>	Iguales a los de la Tabla H.4.1			
<b>Estabilidad Intrínseca materiales térreos</b> (reforzados o no)	Iguales a los de la Tabla H.2.1			
<b>Estabilidad Intrínseca materiales manufacturados</b>	Según material (Concreto-Título C; Madera-Título G; etc.)			
<b>Estabilidad general del sistema:</b>				
Permanente o de Larga duración (> 6 meses)	1.20	1.50	Diseño	1.05
Temporal o de Corta duración (< 6 meses)	1.20	1.30	50% de Diseño	1.00
<b>Laderas adyacentes (Zona de influencia &gt; 2.5H)</b>	1.20	1.50	Diseño	1.05

*Tabla 13. Factores de seguridad indirectos mínimos – NSR-10*

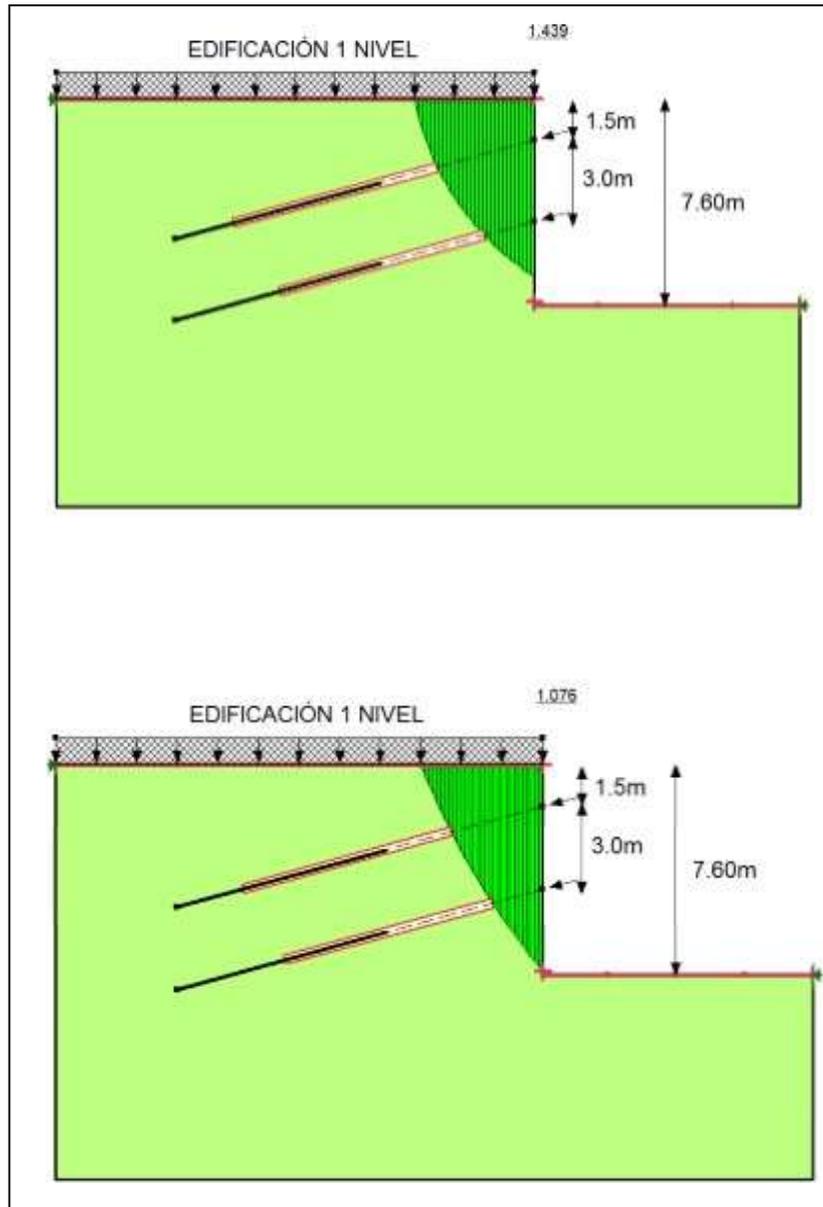
a. ESCENARIO 1: Excavación vertical



*Ilustración 16. Modelos de estabilidad para excavación vertical (Estático y Pseudoestático) – San Francisco Tower*

Como se puede evidenciar en las modelaciones presentadas anteriormente, al realizar la excavación vertical se obtienen factores de seguridad menores a 1.30 y 1.0 en condición estática y pseudo-estática respectivamente, por tanto, no es viable.

**b. ESCENARIO 2: Estabilización por medio de pantalla anclada**

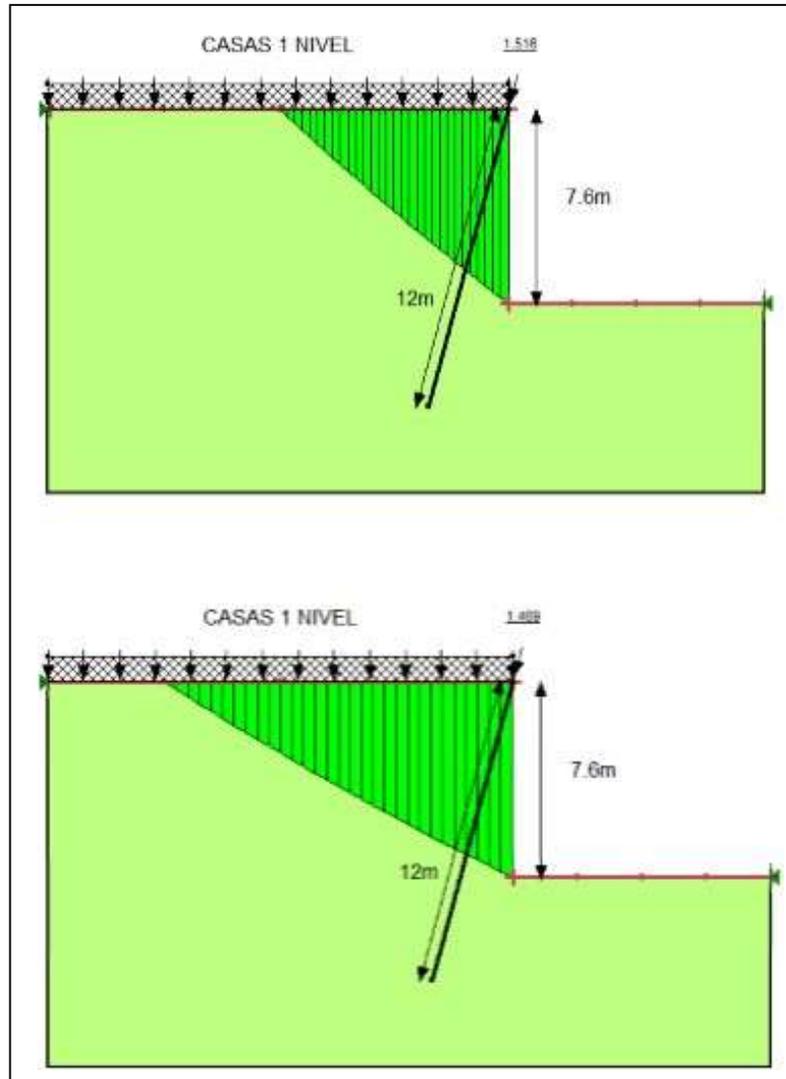


*Ilustración 17. Modelos de estabilidad para estabilización por medio de anclajes (Estático y Pseudoestático) - San Francisco Tower*

En este caso se contempló una sobre carga uniforme mínima de **15 kPa** (1.5 t/m<sup>2</sup>), teniendo en cuenta que la pantalla está planteada para el costado occidental colindante con una estructura de 1 piso, y un coeficiente sísmico de diseño Kx de **0,12g**.

De los resultados de las anteriores figuras se puede concluir que las excavaciones proyectadas con las filas de anclajes de 30 toneladas, cumplen con los factores mínimos establecidos por la NSR-10.

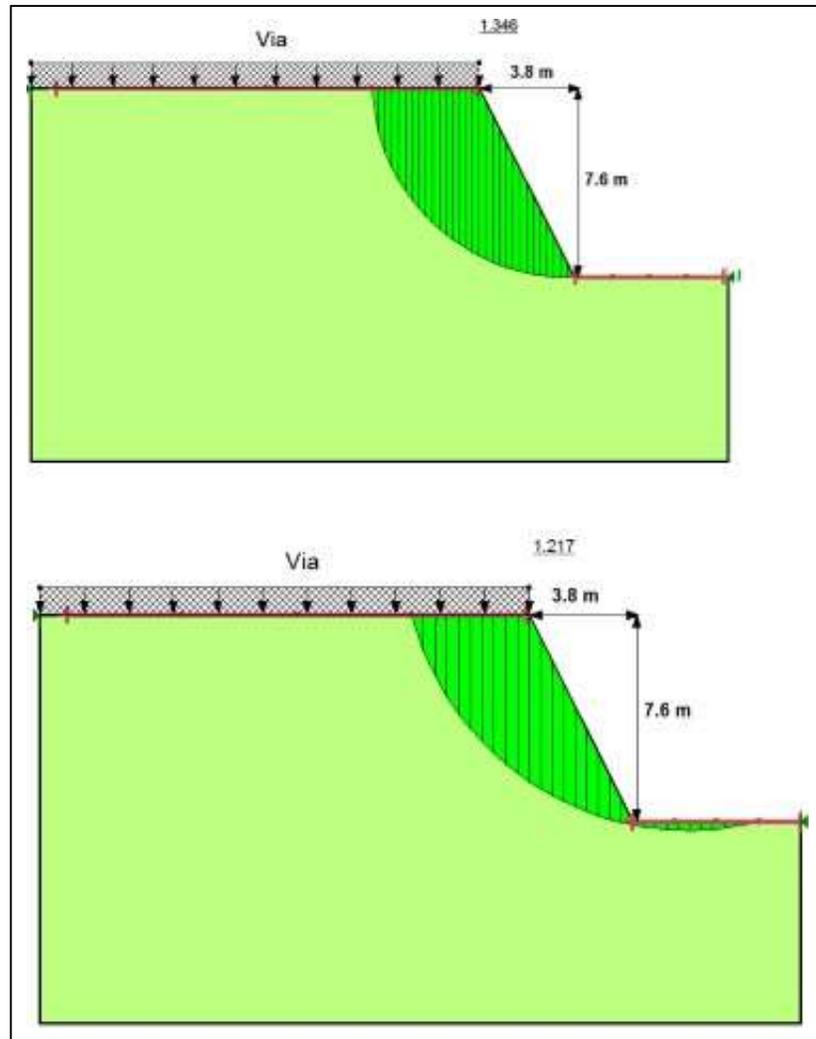
**c. ESCENARIO 3: Análisis de estabilidad con micropilotes**



*Ilustración 18. Modelos de estabilidad para estabilización por medio de micropilotes (Estático y Pseudoestático) - San Francisco Tower*

De los resultados de las anteriores figuras se puede concluir que las excavaciones proyectadas con estabilización mediante micropilotes, cumplen con los factores mínimos establecidos por la NSR-10.

**d. ESCENARIO: Estabilización con corte en talud 1V:0.5H**



*Ilustración 19. Modelos de estabilidad para estabilización por medio de corte en talud 1:0.5 (Estático y Pseudoestático) - San Francisco Tower*

De los resultados de las anteriores figuras se puede concluir que las excavaciones proyectadas con estabilización mediante corte en talud, cumplen con los factores mínimos establecidos por la NSR-10.

Al final de informe se anexan los diseños de los anclajes y micropilotes realizados por el ingeniero geotecnista, y se emiten las respectivas recomendaciones para la ejecución de la obra.

#### **RECOMENDACIONES PARA LA EXCAVACIONES CON MICROPILOTES**

- Excavar hasta el nivel de cimentación de las estructuras vecinas.
- Perforar para la construcción de los micropilotes
- Colocar el acero de refuerzo e inyectar la lechada de cemento.
- Construir la viga la cabeza para unir los micropilotes.
- Excavar hasta la profundidad correspondiente para la cimentación de la estructura.

#### **RECOMENDACIONES PARA LAS EXCAVACIONES JUNTO A LAS VÍAS**

De acuerdo a las características del suelo encontrado en las exploraciones de campo, no es recomendable realizar excavaciones de forma vertical ya que se podrían presentar fallas en las excavaciones (fallas de fondo).

Las excavaciones proyectadas junto a las vías aledañas al lote en estudio, se deben realizar de la siguiente forma:

- Se debe garantizar una berma o sobre ancho de 2.0m como mínimo y excavar por medio de taludes con inclinación menor a 0.5H:1.0V, para garantizar la estabilidad de la excavación y de las construcciones vecinas durante el proceso constructivo de la

cimentación.

- Se recomienda implementar contrafuertes mediante la excavación de tramos de suelo intermedios, para mejorar las condiciones de estabilidad de los taludes.
- Las excavaciones adicionales que se deban realizar para la construcción de cimentaciones, se deben hacer mediante el uso de entibados.
- Durante el proceso de excavación, se debe monitorear mediante control, topográfico, las coronas de los taludes de las excavaciones para detectar potenciales zonas susceptibles a derrumbes y tomar las medidas de protección necesarias.
- Se recomienda que durante el proceso de instalación de las cimentaciones se debe hacer un seguimiento por parte de una persona idónea, para verificar la presencia o continuidad de los rellenos y aprobar los horizontes adecuados de cimentación.

## **PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA CIMENTACIÓN**

- Nivel freático: no se registró durante la perforación.
- Peso volumétrico: 1.80 Ton/m<sup>3</sup>
- capacidad de carga: 30.0 Ton/m<sup>2</sup>
- Tipo de cimentación recomendada: Losa de cimentación.
- Profundidad de cimentación: 7.60 metros desde el nivel al cual ejecutaron los sondeos, de ser necesario se recomienda recuperación en concreto ciclópeo para llegar al nivel de cimentación.
- Módulo de balasto:  $K= 529.1 \text{ Ton/m}^3$ .

### 6.2.2.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES PARA VALLA PUBLICITARIA LOCALIZADA EN FINCA EL LIMONAL, CONTIGUAL AL I.C.P.

El proyecto se encuentra localizado en un predio colindante con el I.C.P, en el municipio de Piedecuesta - departamento de Santander.



*Ilustración 20. Localización proyecto Valla Santo Tomás - Google Earth*

La exploración consistió en la ejecución de tres (3) sondeos a profundidades variables entre 6.70 y 6.75 metros.



*Fotografía 3. Sondeo 1 - Valla Santo Tomás*



*Fotografía 4. Sondeo 2 - Valla Santo Tomás*



Fotografía 5. Sondeo 3 - Valla Santo Tomás

A continuación, se presenta las tablas resumen de la exploración de campo:

SONDEO 1				
PROFUNDIDAD EN METROS	NUMERO DE GOLPES			DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS
	6"	12"	16"	
0 - 0.45	2	2	6	Material lodo arenoso de color café oscuro a claro, con tonalidades rojizas compuesto principalmente por partículas tamaño limo y arcilla en menor proporción, adema de gran cantidad de arena media a muy gruesa y algunas gravas subangulares finas de hasta 158 mm. El segmento es de apariencia heterogénea, húmedo, de consistencia firme, plasticidad media a baja, nula reacción al HCL, moderadamente seleccionado y con presencia de materia orgánica (raíces) y fragmentos de ladrillo. Posible suelo transportado antrópico
0.45 - 0.90	13	12	12	
0.90 - 1.35	6	5	11	Material areno lodoso de color café claro, compuesto mayormente por partículas tamaño arena media a gruesa, además

1.35 - 1.80	15	24	18	de una fracción importante de limos y arcilla, también se encuentran algunas gravas subredondeados finas a medianas de hasta 52 mm. El segmento es de apariencia parcialmente homogénea, húmedo, con densidad relativa suelta, plasticidad nula, excepto en las fracciones limo arcillosas, nula reacción al HCL y moderadamente seleccionado. Posible suelo transportado de flujo de escombros.
1.80 - 2.25	26	32	48	
2.25 - 3.75	BARRENA			Material areno gravoso de color café claro, compuesto por partículas tamaño arena media a muy gruesa, además de algunas gravas subangulares finas a medianas de hasta 17 mm. El segmento es de apariencia parcialmente homogénea, húmedo, con densidad relativa suelta, plasticidad nula, nula reacción al HCL y moderadamente seleccionado. Por otra parte, se encuentra también una fracción despreciable de limos y arcilla. Posible suelo transportado de flujo de escombros.
3.75 - 4.20	24	35	49	
4.20 - 5.70	BARRENA			Material areno gravoso de color café claro, compuesto por partículas tamaño arena media a muy gruesa, además de algunas gravas subangulares finas a medianas de hasta 17 mm. El segmento es de apariencia parcialmente homogénea, húmedo, con densidad relativa suelta, plasticidad nula, nula reacción al HCL y moderadamente seleccionado. Por otra parte, se encuentra también una fracción despreciable de limos y arcilla. Posible suelo transportado de flujo de escombros.
5.70	R	R	R	
5.70 - 6.70	BARRENA			

Tabla 14. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 1 – Valla Santo Tomás

SONDEO 2				
PROFUNDIDAD EN METROS	NUMERO DE GOLPES			DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS
	6"	12"	16"	
0 - 0.45	3	7	10	Material areno gravoso de color café claro a oscuro, con tonalidades amarillo claro, compuesto mayormente por partículas tamaño arena media a muy gruesa, además de gravas angulares fina a medianas de hasta 32 mm, también se encuentra una fracción menor de limos. El segmento es de apariencia heterogénea, húmedo, con densidad relativa suelta, plasticidad baja a nula, fuerte reacción al HCL, moderadamente seleccionado y con presencia de materia orgánica (raíces) y fragmentos de plástico y concreto. Posible suelo transportado antrópico.
0.45 - 0.90	25	15	14	Material limo arenoso de color café claro con tonalidades amarillo claro, compuesto principalmente por partículas tamaño limo, además de una importante fracción de arena
0.90 - 1.35	11	12	14	

1.35 - 1.80	18	20	21	media a muy gruesa y gran cantidad de gravas subangulares finas a medianas de hasta 23 mm. El segmento es de apariencia levemente heterogénea, húmedo, de consistencia blanda, plasticidad baja a nula, nula reacción al HCL y moderadamente seleccionado. En el segmento se observan también fragmentos de plagioclasas y cuarzo. Posible suelo transportado antrópico
1.80 - 2.25	23	26	49	
2.25 - 3.75	BARRENA			Material gravo arenoso de color café claro, compuesto principalmente por partículas tamaño grava subangular a subredondeadas fina a gruesa de hasta 180 mm, estas son fragmentos de roca ígnea (posiblemente granito), también se encuentra una importante fracción de arena media a muy gruesa y una cantidad despreciable de limos. El segmento es de apariencia levemente heterogénea, húmedo, con densidad relativa suelta, muy pobremente seleccionado, plasticidad nula y nula reacción al HCL. A la profundidad de 6.75 mts, se encuentra un fragmento de concreto de 60 mm de espesor. Posible suelo transportado antrópico.
3.75	R	R	R	
3.75 - 5.25	BARRENA			
5.25	R	R	R	
5.25 - 6.75	BARRENA			

Tabla 15. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 2 – Valla Santo Tomás

SONDEO 3				
PROFUNDIDAD EN METROS	NUMERO DE GOLPES			DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS
	6"	12"	16"	
0 - 0.45	4	9	11	Material lodo arenoso de color café oscuro, con tonalidades rojizas a amarillo claro, compuesto principalmente por partículas tamaño limo y arcilla en menor proporción, además de una importante fracción de arena media a muy gruesa y algunas gravas subangulares finas a medianas de hasta 20 mm. El segmento es de apariencia heterogénea, húmedo, de consistencia blanda a firme, plasticidad media, fuerte a leve reacción al HCL, moderadamente seleccionado y con presencia de fragmentos de plástico y ladrillo. Posible suelo transportado antrópico.
0.45 - 0.90	7	11	5	
0.90 - 1.35	6	9	5	Material lodo arenoso de color café claro, compuesto mayormente por partículas tamaño limo, además de una fracción importante de arena media a gruesa, incluso cantidades despreciables de arcilla y algunas gravas subangulares finas a medianas de hasta 23 mm, estas son fragmentos de rocas ígneas y metamórficas. El segmento es de apariencia parcialmente homogénea, húmedo, de consistencia blanda, plasticidad baja, moderadamente seleccionado y con nula reacción al HCL. Posible suelo transportado de flujo de escombros.
1.35 - 1.80	5	10	20	

1.80 - 2.25	28	35	49	
2.25 - 3.75	BARRENA			Material areno gravoso a areno lodoso de color café claro compuesto principalmente por partículas tamaño arena media a gruesa, adema de gravas subredondeadas medianas a gruesas de hasta 85 mm, también se encuentran importantes niveles arcillo limosos. El segmento es de apariencia levemente heterogénea, húmedo, con densidad relativa suelta, plasticidad nula, excepto por el fragmento arcillo limoso que presenta plasticidad alta, nula reacción al HCL y pobremente seleccionado. Posible suelo transportado de flujo de escombros.
3.75	R	R	R	
3.75 - 5.25	BARRENA			
5.25	R	R	R	Material areno gravoso de color café claro compuesto mayormente por partículas tamaño arena media a gruesa, además de importantes cantidades de gravas subangulares a subredondeadas finas a gruesas de hasta 100 mm. Estas gravas son fragmentos de rocas ígneas (granitos) y metamórficas. El segmento es de apariencia levemente heterogénea, húmedo, con densidad relativa suelta, plasticidad nula, nula reacción al HCL y pobremente seleccionado. Posible suelo transportado de flujo de escombros.
5.25 - 6.75	BARRENA			

*Tabla 16. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 3 – Valla Santo Tomás*

De las exploraciones geotécnicas realizadas se compararon las muestras más representativas para realizar ensayos de clasificación, tales como humedades, granulometrías por mallas con lavado, límites de consistencia y ensayos de resistencia. Para cada uno de los sondeos se obtienen resultados de los ensayos de laboratorio que se presentan dentro del documento.

<b>PROF. METROS</b>	<b>CLASF SUCS</b>	<b>CLASF AASH</b>	<b>LL</b>	<b>IP</b>	<b>PPT 200</b>	<b>HU M %</b>
0.00 – 0.45						11.98
0.45 – 0.90	SC-SM	A-4	26	6	36.32	12.95
0.90 – 1.35						10.10
1.35 – 1.80						9.77
1.80 – 2.25	SC-SM	A-2-4	26	6	28.66	7.50
2.25 – 3.75						14.55
3.75 – 4.20						10.78
4.20 – 5.70						13.70
5.70 – 6.70	SM	A-1-b	N.L	-	12.54	4.65

*Tabla 17. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 1 - Valla Santo Tomás*

<b>PROF. METROS</b>	<b>CLASF SUCS</b>	<b>CLASF AASH</b>	<b>LL</b>	<b>IP</b>	<b>PPT 200</b>	<b>HUM %</b>
0.00 – 0.45						16.77
0.45 – 0.90	SM	A-1-b	N.L.	-	21.14	13.88
0.90 – 1.35						15.04
1.35 – 1.80						13.12
1.80 – 2.25	SM	A-4	30	7	40.35	11.29
2.25 – 3.75						4.83
3.75 – 5.25						14.23
5.25 – 6.75	GP-GC	A-1-a	27	6	11.10	15.32

*Tabla 18. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 2 - Valla Santo Tomás*

<b>PROF. METROS</b>	<b>CLASF SUCS</b>	<b>CLASF AASH</b>	<b>LL</b>	<b>IP</b>	<b>PPT 200</b>	<b>HUM %</b>
0.00 – 0.45						12.68
0.45 – 0.90	SM	A-2-4	26	7	26.77	16.87
0.90 – 1.35						16.69
1.35 – 1.80						20.12
1.80 – 2.25	SM	A-4	30	6	38.59	6.15
2.25 – 3.75						23.93
3.75 – 5.25						19.49
5.25 – 6.75	SP-SM	A-1-b	N.L	-	9.21	7.00

*Tabla 19. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 2 - Valla Santo Tomás*

Además de ello, al igual que en informe anterior se realizó la respectiva caracterización del material en cuestión de la cual resultó tener una cantidad baja de material fino y no se detectó presencia de nivel freático.

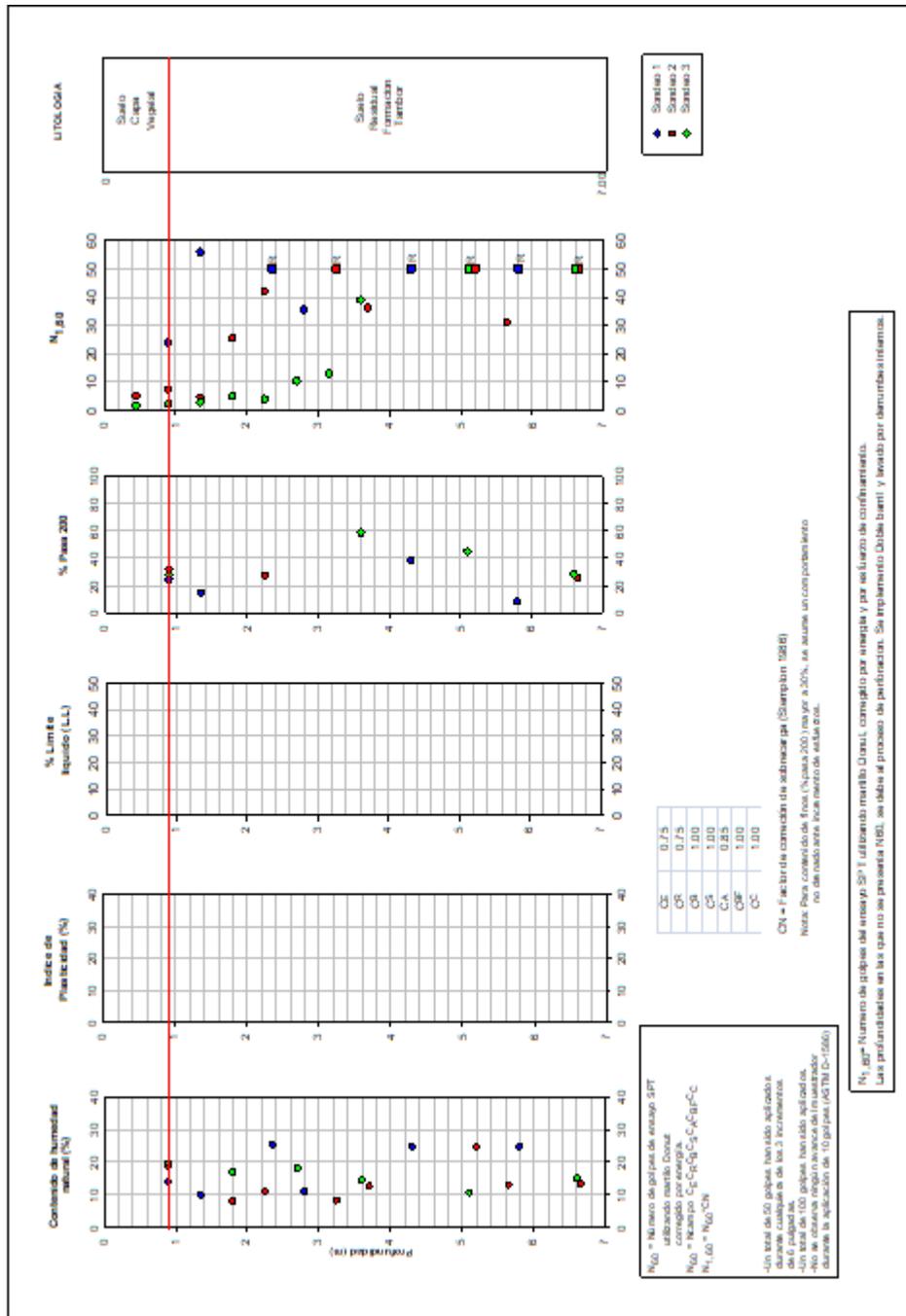


Figura 19. Caracterización del perfil del suelo Sondes 1-3 – Valla Santo Tomás

Posteriormente se procedió a realizar la evaluación de los estados límite de falla y de servicio, para así calcular los respectivos asentamientos.

ESTADO LIMITE DE FALLA		
$\gamma_1$	1.7	T/m <sup>3</sup>
$\phi_1$	37	°
$c_1$	0.0	T/m <sup>2</sup>
FS	3	
N $\gamma$		53.27
N $q$		42.92
N $cr$		5.14
L		m

Df	1.00	m
ANCHO B	qult	qadm
(m)	T/m <sup>2</sup>	T/m <sup>2</sup>
1.00	118.2	39.41
1.50	140.9	46.96
2.00	163.5	54.51
2.50	186.2	62.05

Tabla 20. Estado límite de falla - Valla Santo Tomás

**ASENTAMIENTOS INMEDIATOS**

$$\rho_i = I_o I_i \frac{qB}{E} (1 - \nu^2)$$

$\nu$  0.35 Poisson  
 $E$  1400 T/m<sup>2</sup>

ANCHO B (m)	factor		q servicio	asentamiento
	lo	li	maxima (ton/m <sup>2</sup> )	pi cm
1.00	0.91	0.2	39.41	0.45
1.50	0.93	0.15	46.96	0.62
2.00	0.94	0.1	54.51	0.64
2.50	0.95	0.5	62.05	4.62

Capacidad recomendada 16 ton/m<sup>2</sup>

ANCHO B (m)	factor		q servicio	asentamiento
	lo	li	maxima (ton/m <sup>2</sup> )	pi cm
1.00	0.91	0.2	16.0	0.18
1.50	0.93	0.15	16.0	1.40
2.00	0.94	0.1	16.0	1.89
2.50	0.95	0.5	16.0	2.38

Tabla 21. Estado límite de servicio - Valla Santo Tomás

- **PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA CIMENTACIÓN**

- Nivel freático: no se registró durante la perforación.
- Peso volumétrico: 1.70 Ton/m<sup>3</sup>
- capacidad de carga: 15.0 Ton/m<sup>2</sup>
- Profundidad de cimentación: 2.50 metros desde el nivel al cual ejecutaron los sondeos, de ser necesario se recomienda recuperación en concreto ciclópeo para llegar al nivel de cimentación.

### **6.2.2.3. ESTUDIO GEOTÉCNICO Y CIMENTACIONES PROYECTO PRADOS DE SAN SEBASTIAN SEGUNDA ETAPA MUNICIPIO DE GIRÓN – SANTANDER**

El proyecto se encuentra localizado en un predio próximo al barrio Carrizal Campestre, en el municipio de Girón - departamento de Santander.



*Ilustración 21. Localización proyecto Prados de San Sebastián - Google Earth*

El presente estudio contempla todas las actividades necesarias para la realización del estudio geotécnico para la construcción del proyecto Prados de San Sebastián segunda etapa, ubicado en el costado occidental de la Cra 22C en municipio de Girón, Santander. Se realizaron perforaciones mecánicas, las cuales son requeridas para el estudio y diseño de una estructura para una valla publicitaria. La exploración consistió en la ejecución de dos (4) sondeos entre 2.7 y 3.6 m de profundidad, de los cuales 2 ya se habían realizado años atrás.

El proyecto se divide en dos zonas: La primera destinada a la construcción de una torre de vivienda multifamiliar nueva (Sondeos 1 y 2) y la zona social (Sondeos 3 y 4).



*Fotografía 6. Sondeo 1 - Prados de San Sebastián*



*Fotografía 7. Sondeo 2 - Prados de San Sebastián*



*Fotografía 8. Sondeo 3 - Prados de San Sebastián*



*Fotografía 9. Sondeo 4 - Prados de San Sebastián*

Con la realización de los sondeos, se procede a llevar a cabo los debidos ensayos de laboratorio para obtener características de los suelos presentes en el sitio estudiado.

A continuación, solo se presentará el resumen de ensayos de laboratorio para los Sondeos 1 y 2, que son los más actuales. La información de los sondeos 3 y 4 hace parte de un estudio realizado con anterioridad en el año 2018, por tanto no entran dentro del procesamiento de datos que se realizó para la actualización del informe durante el periodo de práctica empresarial. Sin embargo, dicha información fue utilizada como complemento para emitir los respectivos conceptos y realizar los cálculos de capacidad portante del suelo.

<b>PROFUNDIDAD (m)</b>	<b>CLASIF. SUCS</b>	<b>CLASIF. AASH</b>	<b>LL</b>	<b>IP</b>	<b>PPT 200</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>
0.00 - 0.90	SC	A-2-4	28	8	32.34	11.28
0.90 - 1.80	SM	A-6	37	12	39.03	11.52
1.80 - 2.70						23.14
2.70 - 3.60						11.42

*Tabla 22. Resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 1- Prados de San Sebastián*

<b>PROFUNDIDAD (m)</b>	<b>CLASIF. SUCS</b>	<b>CLASIF. AASH</b>	<b>LL</b>	<b>IP</b>	<b>PPT 200</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>
0.00 - 0.90	SC - SM	A-4	26	7	49.9	7.49
0.90 - 1.80						7.06
1.80 - 2.70						10.55

*Tabla 23. Resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 2 - Prados de San Sebastián*

Así mismo, se realizó el proceso de caracterización del suelo por medio de SigmaPlot, donde es posible evidenciar que se posee un porcentaje de finos superior al 30%, por tanto, podemos asumir un comportamiento no drenado.



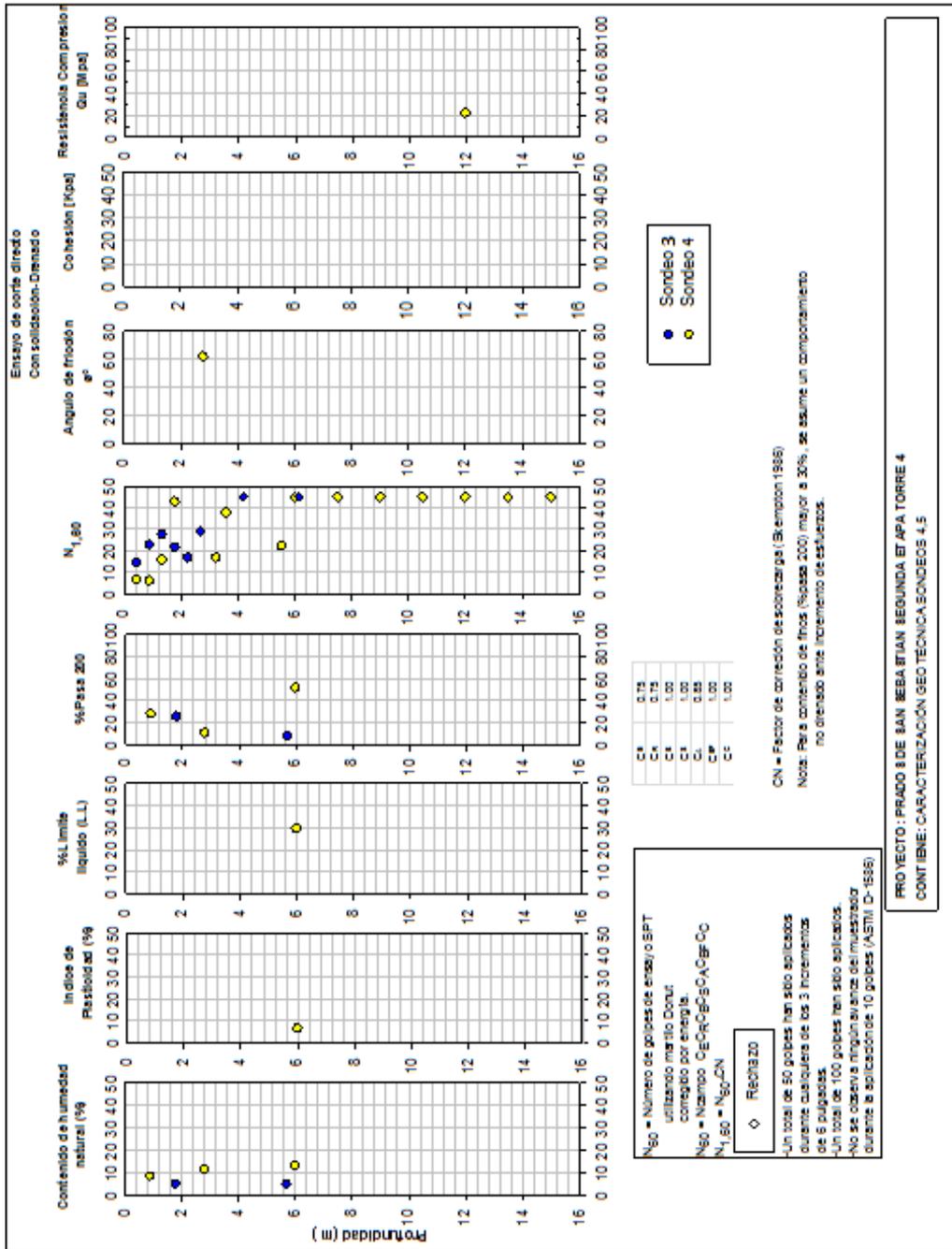


Figura 21. Caracterización del suelo Sondes 3 y 4 - Prados de San Sebastián

A partir de lo anterior se procedió a realizar el cálculo de estados límite de falla y estado límite de servicio, teniendo en cuenta que el material posee un porcentaje considerable de finos por lo cual podemos asumir un comportamiento no drenado.

Se realizó un análisis de capacidad de carga para diferentes anchos de cimentación B, para alternativa de cimentación mediante el uso de zapatas, en la Tabla 24, se presentan los resultados de estos análisis de capacidad de carga admisible.

<b>CAPACIDAD DE CARGA</b>		
$\gamma_1$	1.8	T/m <sup>3</sup>
$\phi_1$	31	°
$c_1$	0.0	T/m <sup>2</sup>
FS	3	
$N_\gamma$		18.56
$N_q$		20.63
$N_{cr}$		32.67
L		m
Df	1.5	m
<b>ANCHO B</b>	<b>qult</b>	<b>qadm</b>
<b>(m)</b>	<b>T/m<sup>2</sup></b>	<b>T/m<sup>2</sup></b>
0.40	63.6	21.21
0.60	66.8	22.26
0.80	70.0	23.34
1.00	73.0	24.33

Tabla 24. Estado límite de falla Torre Nueva - Prados de San Sebastián

Así mismo, se realizó un análisis de asentamientos inmediatos para diferentes anchos de cimentación B, para alternativa de cimentación mediante el uso de zapatas, en la Tabla 25 se presentan los resultados de estos análisis de asentamientos inmediatos.

**ASENTAMIENTOS INMEDIATOS**

$$\rho_i = I_o I_i \frac{qB}{E} (1 - \nu^2)$$

u 0.35 Poisson  
E 840 T/m2

ANCHO B (m)	factor		q servicio	asentamiento
	lo	li	maxima (ton/m2)	ρi cm
0.40	0.89	0.92	15.0	0.51
0.60	0.9	0.9	16.0	0.81
0.80	0.91	0.9	17.1	1.17
1.00	0.92	0.89	18.1	1.55

Capacidad recomendada	21	ton/m2
-----------------------	----	--------

ANCHO B (m)	factor		q servicio	asentamiento
	lo	li	maxima (ton/m2)	ρi cm
0.40	0.89	0.92	21.0	0.72
0.60	0.9	0.90	21.0	1.07
0.80	0.91	0.90	21.0	1.44
1.00	0.92	0.89	21.0	1.80

Tabla 25. Estado límite de servicio Torre Nueva- Prados de San Sebastián

Por otra parte en el caso de la zona social se realizó un análisis de capacidad de carga para diferentes anchos de cimentación B, para alternativa de cimentación mediante el uso de losa de cimentación, a continuación se presentan los resultados de estos análisis de capacidad de carga admisible en la Tabla 26 y en la Tabla 27 asentamientos inmediatos.

CAPACIDAD DE CARGA		
$\gamma_1$	1.8	T/m <sup>3</sup>
$\phi_1$	32	°
$c_1$	0.0	T/m <sup>2</sup>
FS	3	
N $\gamma$	22.02	
N $q$	23.18	
N $cr$	35.49	
L		m

Df	4.0	m
ANCHO B	qult	qadm
(m)	T/m <sup>2</sup>	T/m <sup>2</sup>
5.00	375.2	125.07
7.00	432.8	144.26
10.00	519.1	173.05
12.30	585.2	195.07

Tabla 26. Estado límite de falla Zona Social - Prados de San Sebastián

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS				
$\rho_i = I_o I_i \frac{qB}{E} (1 - \nu^2)$				
u	0.35	Poisson		
E	1400	T/m <sup>2</sup>		

ANCHO B (m)	factor		q servicio maxima (ton/m <sup>2</sup> )	asentamiento pi (cm)
	lo	li		
5.00	0.93	0.7	125.1	25.52
7.00	0.94	0.62	144.3	36.89
10.00	0.95	0.45	173.0	46.37
12.30	0.97	0.39	195.1	56.89

Capacidad recomendada	10		ton/m <sup>2</sup>	
-----------------------	----	--	--------------------	--

ANCHO B (m)	factor		q servicio maxima (ton/m <sup>2</sup> )	asentamiento pi (cm)
	lo	li		
5.00	0.93	0.70	10.0	2.04
7.00	0.94	0.62	10.0	2.56
10.00	0.95	0.45	10.0	2.68
12.30	0.97	0.39	10.0	2.92

Tabla 27. Estado límite de servicio Zona Social - Prados de San Sebastián

### **Parámetros de Diseño Torre Nueva**

- Nivel freático: no se registró durante la perforación.
- Peso volumétrico: 1.80 Ton/m<sup>3</sup>
- capacidad de carga: 21 Ton/m<sup>2</sup>
- Profundidad de cimentación: 1.5 metros desde el nivel al cual ejecutaron los sondeos, de ser necesario se recomienda recuperación en concreto ciclópeo para llegar al nivel de cimentación.

### **Parámetros de Diseño zona de Piscinas y cancha**

- Nivel freático: no se registró durante la perforación.
- Peso volumétrico: 1.80 Ton/m<sup>3</sup>
- Capacidad de carga: 10.0 Ton/m<sup>2</sup>

### **6.2.2.4. ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES PROYECTO PUERTO MADERO, GIRON**

El proyecto se encuentra localizado en un predio ubicado sobre la calle 10, dentro del barrio Puerto Madero, en el municipio de Girón - departamento de Santander.



*Ilustración 22. Localización proyecto Puerto Madero - Google Earth*

La exploración del subsuelo se lleva a cabo mediante la ejecución de cuatro (4) perforaciones, por medio de ensayos corridos de penetración estándar (S.P.T.) con equipo de perforación a percusión donde se sacaron muestras semi-alteradas para los respectivos ensayos de laboratorio.



*Fotografía 11. Sondeo 1 - Puerto Madero*



*Fotografía 10. Sondeo 2 - Puerto Madero*



*Fotografía 12. Sondeo 3 - Puerto Madero*



*Fotografía 13. Sondeo 4 - Puerto Madero*

Así mismo, se presenta un resumen de la exploración de campo para cada sondeo, en el cual, se especifica el número de golpes de acuerdo a la profundidad de penetración junto con una descripción geológica del mismo, lo cual es útil para posteriormente realizar recomendaciones sobre la cimentación.

PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO DE GOLPES			DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS
	6"	12"	18"	
0.00 - 0.45	6	6	6	Material limo arenoso de color café oliva oscuro, compuesto por partículas de limo y granos finos de arena, presencia de gravas finas angulares de hasta 10 mm. El segmento es de apariencia homogénea, húmedo, de consistencia blanda, bien seleccionado y plasticidad baja a nula. No reacciona al HCL. Capa de suelo removido
0.45 - 0.90	6	6	6	Material areno limoso de color café oscuro con tonalidades grises y rojizas, compuesto por granos finos a gruesos de arena, partículas de limo y en algunos sectores predomina una matriz arcillosa, presencia de gravas subredondeadas de hasta 10 mm. El segmento es de apariencia parcialmente heterogénea, húmedo, de consistencia blanda, moderadamente seleccionado y plasticidad baja. No reacciona al HCL. Suelo transportado aluvial del miembro órganos de la Formación Bucaramanga.
0.90 - 1.35	6	6	7	
1.35 - 1.80	7	6	7	
1.80 - 2.25	10	10	5	
2.25 - 2.70	10	22	15	
2.70 - 3.60	8	7	7	
3.60 - 8.10	BARRENA			Material areno limoso de color café oscuro, compuesto por granos finos a gruesos de arena, partículas de limo y presencia de gravas finas a gruesas de hasta 75 mm. Al final de la muestra 10 aparecen algunos bloques de roca, fracturadas, ígneos y sedimentarios. El segmento es de apariencia semihomogénea, húmedo, de consistencia blanda (excepto bloques y gravas), moderadamente seleccionado y plasticidad nula. No reacciona al HCL. Suelo transportado aluvial del miembro órganos de la Formación Bucaramanga, posible contacto con la Formación Girón.
8.10 - 15.60	BARRENA			Muestra de Roca, areniscas de color rojizo a pardo rojizo, constan de material consolidado de arenas finas a medias. En algunos sectores de las muestras 14 y 15, el color comienza a ser más claro o pálido. Presencia de alto porcentaje de micas. El segmento es de apariencia semihomogénea, seco, de consistencia firme, muy bien seleccionado y plasticidad nula. No reacciona al HCL. Posibles areniscas de la Formación Girón
15.60 - 21.60	BARRENA			Muestra de Roca, areniscas de color gris claro a rosado grisáceo, con tonalidades pardo rojizo y amarillo claro, compuesto por material consolidado de arenas finas a medias, con algunos sectores arcillosos color verde muy claro. Tiene alto contenido de micas. Posibles areniscas de la Formación Girón
21.60 - 25.05	BARRENA			Muestras de Roca, limolitas de color rosado grisáceo, compuestas por material consolidado de partículas de limo con alto contenido de fracturas y meteorización que han sido lavadas posiblemente por azufre (color amarillento), tiene alto contenido de micas. El segmento es de apariencia semihomogénea, seco, de consistencia firme a dura, muy bien seleccionado y plasticidad nula, no reacciona al HCL. Posible limolitas de la Formación Girón

Tabla 28. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 1 – Puerto Madero

PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO DE GOLPES			DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS
	6"	12"	18"	
0.00 - 0.45	3	3	4	Material limo arenoso de color café oliva oscuro, compuesto principalmente por partículas de limo y granos de arena, arcilla en menor proporción y gravas de hasta 20 mm. Hay presencia de materia orgánica. El segmento es de apariencia homogénea, húmedo, de consistencia muy blanda, moderadamente seleccionado y plasticidad media a baja. Reacciona levemente al HCL. Capa de Suelo Vegetal
0.45 - 0.90	6	5	4	
0.90 - 1.35	6	7	6	Material areno limoso de color café oscuro con tonalidades amarillo oscuro, compuesto principalmente por granos de arena mediana a muy gruesa, partículas de limo y gravas subredondeadas finas a medianas de hasta 35 mm. El segmento es de apariencia parcialmente heterogénea, húmedo en algunas muestras mojado en las muestras 6 y 7 de consistencia muy blanda, pobremente seleccionado y plasticidad baja a nula. No reacciona al HCL. Suelo transportado aluvial del miembro órganos de la Formación Bucaramanga
1.35 - 1.80	25	12	30	
1.80 - 2.25	25	30	36	
2.25 - 2.70	30	28	30	
2.70 - 3.15	30	30	30	
3.15 - 3.60	30	32	36	
3.60 - 8.10	BARRENA			
8.10 - 9.60	BARRENA			Muestra de roca que consta de dos terceras partes de lodolita de amplia gama de colores como café oscuro, anaranjado-medio, amarillo claro, gris claro y pardo rojizo, separada en 2 partes por una sección intermedia de arenisca color pardo rojizo de grano fino a medio. Ambas rocas son de consistencia firme, secas, con muy buena selección y plasticidad nula. No reacciona al HCL. Posible lodolita y arenisca de la Formación Girón.
9.60 - 10.05	BARRENA			Muestra de roca de arenisca de color blanco hueso con tonalidades rosado grisáceo. La muestra consta de un material de arena mediana a gruesa. El segmento es de apariencia homogénea, seco, de consistencia dura, muy bien seleccionado y plasticidad nula. No reacciona al HCL. Posible arenisca de la Formación Girón.

Tabla 29. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 2 – Puerto Madero

PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO DE GOLPES			DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS
	6"	12"	18"	
0.00 - 0.45	1	2	3	Material limo arenoso de color café oliva oscuro, compuesto principalmente por partículas de limo y granos de arena, presencia de gravas finas de hasta 15 mm. Presencia de material orgánico como raíces y pequeños tallos. El segmento es de apariencia homogénea, húmedo, de consistencia muy blanda, bien seleccionado y plasticidad media a baja. Reacciona levemente con el HCL. Capa de suelo vegetal
0.45 - 0.90	5	8	4	Material limo arenoso de color café oscuro con tonalidades amarillo oscuro, compuesto principalmente por partículas de limo y granos de arena, gravas subangulares finas a medianas de hasta 30 mm, pequeños segmentos de ladrillos y aun se aprecian algunas raíces. El segmento es parcialmente heterogéneo, húmedo, de consistencia blanda, pobremente seleccionado y plasticidad nula, no reacciona al HCL. Posible suelo transportado antrópico.
0.90 - 1.35	4	5	5	
1.35 - 1.80	3	3	3	
1.80 - 2.25	7	4	7	
2.25 - 2.70	6	7	7	Material areno limoso de color café claro a café oscuro, compuesto por granos finos a gruesos de arena, partículas de limo y gravas subredondeadas finas a medianas de hasta 25 mm. El segmento es semihomogéneo, húmedo, de consistencia blanda, moderadamente seleccionado y plasticidad nula. No reacciona al HCL. Suelo transportado aluvial del miembro órganos de la Formación Bucaramanga.
2.70 - 3.15	8	8	10	Material areno limoso de color café claro a café oscuro, compuesto por granos finos a gruesos de arena, partículas de limo y gravas subredondeadas finas a medianas de hasta 25 mm. El segmento es semihomogéneo, húmedo, de consistencia blanda, moderadamente seleccionado y plasticidad nula. No reacciona al HCL. Suelo transportado aluvial del miembro órganos de la Formación Bucaramanga.
3.15 - 3.60	7	7	8	Material limo arenoso de color café oscuro con tonalidades anaranjado medio y gris oscuro, compuesto en mayor proporción por partículas de limo, granos de arena y gravas finas de hasta 10 mm. El segmento es de apariencia semihomogénea, húmedo, de consistencia firme, moderadamente seleccionado y plasticidad nula. No reacciona al HCL. Suelo transportado aluvial del miembro órganos de la Formación Bucaramanga
3.60 - 4.05	9	6	14	Material limo arenoso de color café oscuro con tonalidades anaranjado medio y gris oscuro, compuesto en mayor proporción por partículas de limo, granos de arena y gravas finas de hasta 10 mm. El segmento es de apariencia semihomogénea, húmedo, de consistencia firme, moderadamente seleccionado y plasticidad nula. No reacciona al HCL. Suelo transportado aluvial del miembro órganos de la Formación Bucaramanga
4.05 - 7.05	BARRENA			Material areno limoso de color café claro, compuesto por granos finos a gruesos de arena, partículas de limo y gravas subredondeadas finas a gruesas de hasta 60 mm. En ambas muestras se encuentra roca fracturada de posibles bloques. Al final de la muestra 11 aparece posiblemente la roca consolidada (areniscas) de la formación infrayacente. El segmento es semihomogéneo, húmedo, de consistencia muy blanda (excepto bloques y gravas), moderadamente seleccionado y plasticidad nula. No reacciona al HCL. Posible suelo transportado aluvial del miembro órganos de la Formación Bucaramanga, posible contacto con la Formación Girón.
7.05 - 8.55	BARRENA			Muestra de roca, que tiene 2 secciones, una primera arenisca de color blanco hueso de grano fin a medio, con presencia de micas. Bien seleccionado, seco y de consistencia muy dura. La segunda sección es una arenisca con matriz areno arcillosa de color gris verdoso y tonalidades amarillo oscuro y tiene contenido de grava. Pobremente seleccionado, seco, de consistencia firme, No reacciona al HCL. Posible arenisca de la Formación Girón.

Tabla 30. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 3 – Puerto Madero

PROFRUNDIDAD (m)	NÚMERO DE GOLPES			DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS
	6"	12"	18"	
0.00 - 0.45	3	2	3	Material areno limoso de color café claro, compuesto principalmente por granos de arena fina a mediana, partículas de limo y gravas subangulares finas a medianas de hasta 25 mm. Presencia de material orgánico como raíces. El segmento es de apariencia homogénea, seco de consistencia muy blanda, moderadamente seleccionado y plasticidad baja a nula, no reacciona al HCL. Capa de suelo vegetal.
0.45 - 0.90	4	3	3	
0.90 - 1.35	6	7	6	Material areno limoso de color café claro, compuesto principalmente por granos de arena mediana a gruesa, partículas de limo, sectores con predominio de arcilla y algunas gravas subredondeadas de no más de 5 mm. La muestra 9 varía un poco al ser un material con predominio de limos sobre la arena. El segmento es de apariencia homogénea, húmedo, de consistencia muy blanda, bien seleccionado y plasticidad baja a nula. No reacciona al HCL. Suelo transportado aluvial del miembro órganos de la Formación Bucaramanga
1.35 - 1.80	6	7	8	
1.80 - 2.25	8	7	9	
2.25 - 2.70	9	10	10	
2.70 - 3.15	11	12	10	
3.15 - 4.05	12	15	18	
4.05 - 5.55	18	17	24	
5.55 - 7.05	BARRENA			Material limo arcilloso de color café oscuro con tonalidades anaranjado medio y gris verdoso, compuesto por partículas de limo y arcilla, con granos finos de arena en baja proporción. Al final de la muestra aparece la roca consolidada posiblemente de la formación Girón. El segmento es de apariencia parcialmente heterogéneo, húmedo, de consistencia blanda a firme, bien seleccionado, plasticidad media. No reacciona al HCL. Suelo transportado aluvial del miembro órganos de la Formación Bucaramanga.
7.05 - 10.05	BARRENA			Muestra de roca, arenisca de color pardo rojizo, amarillo oscuro y gris claro, compuesto por granos de arena fina, durante todo el segmento mantiene el tamaño de los granos, pero varía el color. El segmento es de apariencia semihomogénea, seco, de consistencia firme a dura, bien seleccionado y plasticidad nula. No reacciona al HCL. Posible arenisca de la Formación Girón.
10.05 - 16.05	BARRENA			Muestra de roca, arenisca de color gris claro con tonalidades amarillo oscuro y pardo rojizo. Compuesto por granos de arena fina, pero en algunas zonas presenta arcillas consolidadas color verdoso en forma de pequeños lentes. Alto contenido de micas. El segmento es de apariencia semihomogénea, seco, de consistencia dura, bien seleccionado y plasticidad nula. No reacciona al HCL. Posible arenisca de la Formación Girón.
16.05 - 19.05	BARRENA			Muestra de roca, arenisca de color gris claro a amarillo claro, compuesto por granos de arena fina a media, presenta arcillas en forma de lentes en algunas partes de las muestras, mantiene el alto contenido de micas. El segmento es de apariencia homogénea, seco, de consistencia dura, bien seleccionado y plasticidad nula. No reacciona al HCL. Posible arenisca de la Formación Girón.
19.05 - 25.05	BARRENA			Muestra de roca, limolitas y areniscas de color gris a manera de intercalaciones. Compuesto por partículas de limo y granos de arena fina a media, respectivamente. La muestra 20 presenta una pequeña capa negra que parece ser de materia orgánica. El segmento es de apariencia semihomogénea, seco, de consistencia dura, bien seleccionado y plasticidad nula. No reacciona al HCL. Posible limolitas y areniscas de la Formación Girón.

Tabla 31. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 4 – Puerto Madero

Así mismo se presenta la caracterización geotécnica resumen del suelo en la cual se pueden evidenciar los resultados de laboratorio y el comportamiento del suelo en general

conforme la profundidad de exploración.

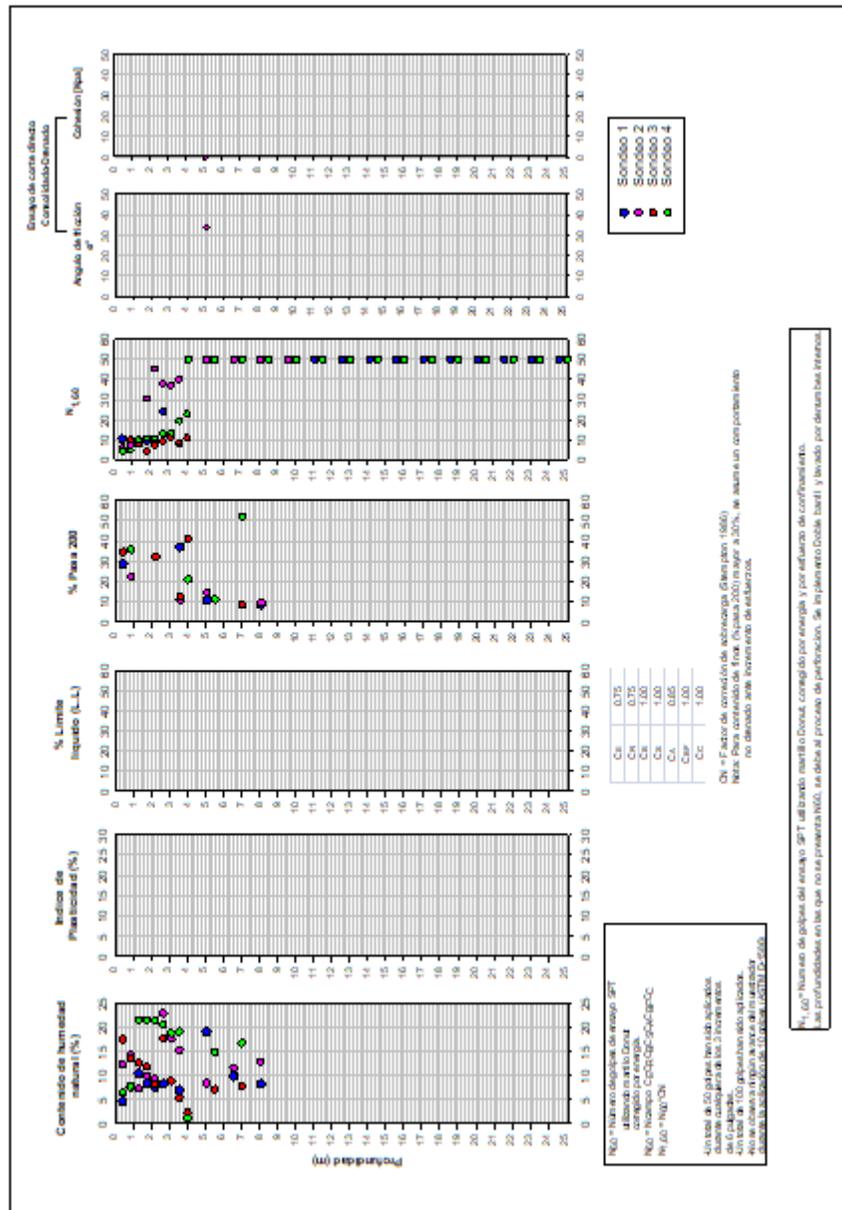


Figura 22. Caracterización del perfil del suelo Sondajes 1-4 – Puerto Madero

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos y la información estructural y arquitectónica suministrada por el cliente se realiza la evaluación de los estados límite de falla y servicio para definir una capacidad de carga.

### ESTADO LÍMITE DE FALLA

$\gamma_1$	1.80 Ton/m <sup>3</sup>
$\phi_1$	33.00°
$c_1$	0.00 Ton/m <sup>2</sup>
FS	3.00
$N\gamma$	26.17
$Nq$	26.09
$Ncr$	38.64
L	0.00 m

**Df**      5.80 m

ANCHO B (m)	qult Ton/m <sup>2</sup>	qadm Ton/m <sup>2</sup>
1.00	295.93	98.64
1.50	307.71	102.57
2.00	319.49	106.50
2.50	331.26	110.42

Tabla 32. Estado límite de falla - Puerto Madero

### ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

**Promedio del No de Golpes SPT (N60)**      30

Asentamiento para capacidad de carga calculada

ANCHO		Factor	qa	asentamiento
B[m]	B [ft]	CB	T/pie <sup>2</sup>	$\rho_i$ [cm]
1.00	3.28	1.00	9.86	4.40
1.50	4.92	0.95	10.26	4.81
2.00	6.56	0.90	10.65	5.27
2.50	8.20	0.90	11.04	5.47

**Capacidad de carga admisible**      40.00 Ton/m<sup>2</sup>

Asentamiento para capacidad de carga recomendada

ANCHO		Factor	qa	asentamiento
B[m]	B [ft]	CB	T/pie <sup>2</sup>	$\rho_i$ [cm]
1.00	3.28	1.00	4.00	1.78
1.50	4.92	0.95	4.00	1.88
2.00	6.56	0.90	4.00	1.98
2.50	8.20	0.90	4.00	1.98

**Coefficiente de Balasto (K)**      2019.69 Ton/m<sup>3</sup>

Table B-4. Width correction factor, CB  
(from Duncan and Buchignani, 1976)

Footing Width, B (feet)	CB
<= 4	1.00
6	0.95
8	0.90
10	0.85
>= 12	0.80

Tabla 33. Estado límite de servicio - Puerto Madero

Adicional a esto, se realizó un análisis de estabilidad para la excavación, utilizando el Software GeoStudio/SlopeW, y asegurar seguridad en el momento de la construcción.

#### a. Escenario 1: Excavación vertical

Este análisis consiste en determinar las condiciones de estabilidad de los taludes de acuerdo al modelo geotécnico propuesto, en este caso se evalúa la estabilidad al realizar los cortes para la construcción de los sótanos mediante excavaciones verticales.

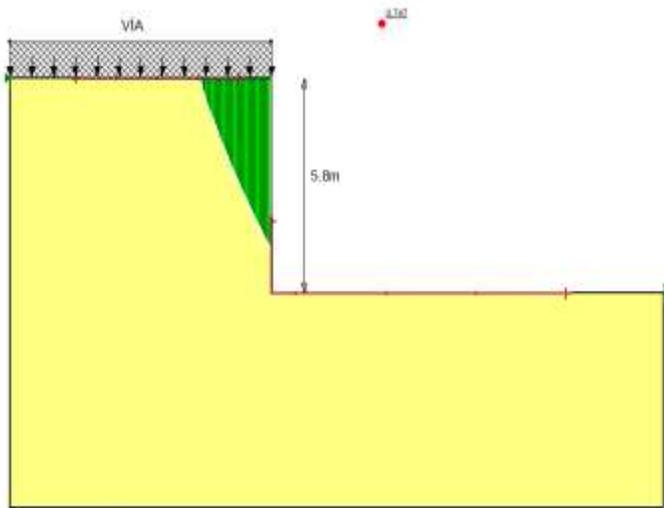


Ilustración 24. Modelos de estabilidad para excavación por medio de corte vertical (Estático) – Puerto Madero

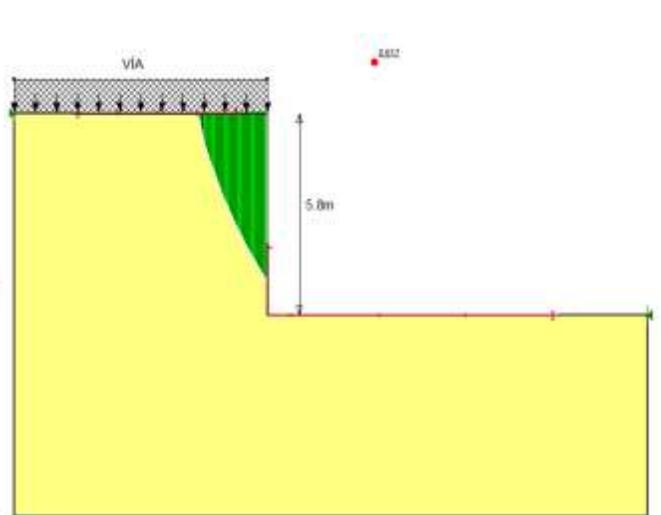


Ilustración 23. Modelos de estabilidad para excavación por medio de corte vertical (seudo Estático) – Puerto Madero

Como se puede evidenciar en las modelaciones presentadas anteriormente, al realizar la excavación vertical se obtienen factores de seguridad menores a 1.30 y 1.0 en condición estática y pseudo-estática respectivamente, por tanto no es viable.

Así mismo cabe resaltar, que se asumió una sobre carga de  $1.5 \text{ t/m}^2$  teniendo en cuenta que el predio no colinda con edificaciones de más de un piso, sin embargo, se presentan factores de seguridad menores a los mínimos establecidos, se entiende que para las edificaciones no es viable de igual manera.

b. Escenario 1: Excavación en talud 1:1

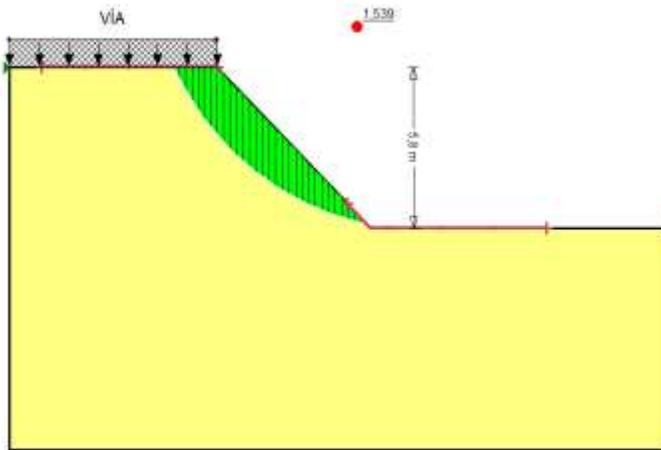


Ilustración 26. Modelo de estabilidad para excavación en talud 1H: 1V (Estático) - Puerto Madero

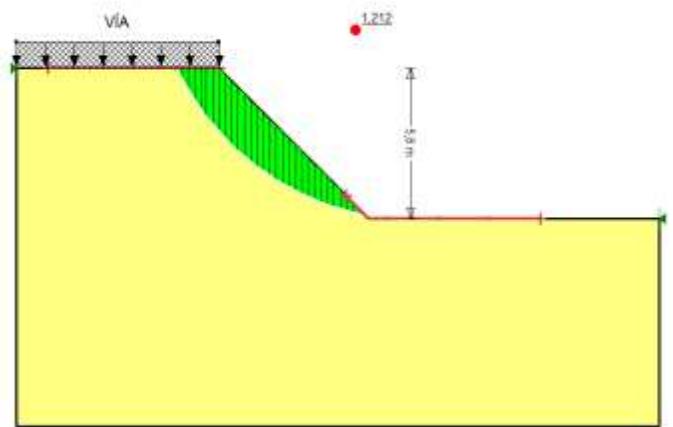


Ilustración 25. Modelo de estabilidad para excavación en talud 1H: 1V (Seudo Estático) - Puerto Madero

En este caso, se logró evidenciar que los factores de seguridad sí cumplen con los establecidos en la NSR-10 Título H, Tabla H.6.9.1.

- **PARÁMETROS DE DISEÑO**

- Nivel freático: no se registró durante la perforación.
- Peso volumétrico: 1.80 Ton/m<sup>3</sup>
- capacidad de carga: 40 Ton/m<sup>2</sup>
- Profundidad de cimentación: 5.8 metros desde el nivel cero del proyecto.

### 6.2.2.5. CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA PARA LA CIMENTACIÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA COLEGIO INTEGRADO SIMÓN BOLÍVAR

Se evaluó la alternativa de cimentación del Colegio Integrado Simón Bolívar Por medio de zapatas aisladas de diferentes dimensiones, a partir del estudio de suelos suministrado, realizado por la empresa Global Civil S.A.S. en febrero de 2019, el cual recomendó que se realizara cimentación por medio de zapatas cuadradas a 1 metro de profundidad, con recuperación con material seleccionado.

El proyecto se ubica en el Municipio de Bolívar departamento de Santander en la carrera 3 con calle 6 y El estudio se realizó para una edificación de 1 nivel, y cargas máximas de servicio en columnas menores a 800 KN.

No. De Unidades de construcción: 3

- Bloque 1: Aulas 1 -2
- Bloque 2: Aulas 3-4
- Boque 3: Restaurante

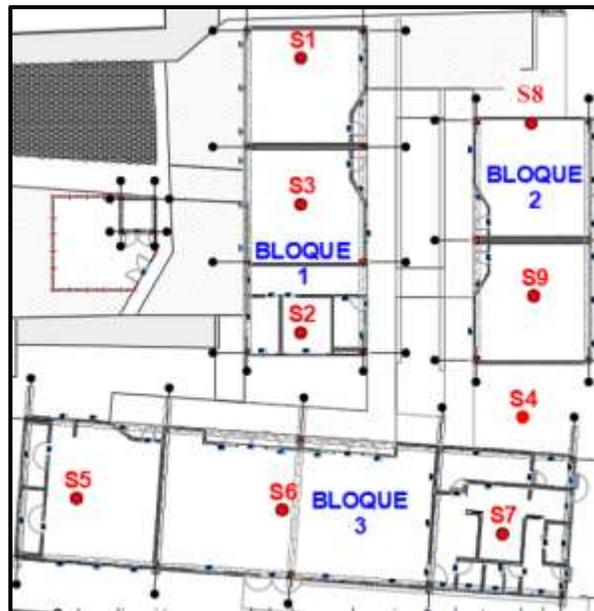


Ilustración 27. Distribución y ubicación de los sondeos – Colegio Integrado Simón Bolívar

A partir del estudio suministrado, se procedió a realizar la caracterización geotécnica del suelo en el Software SigmaPlot.

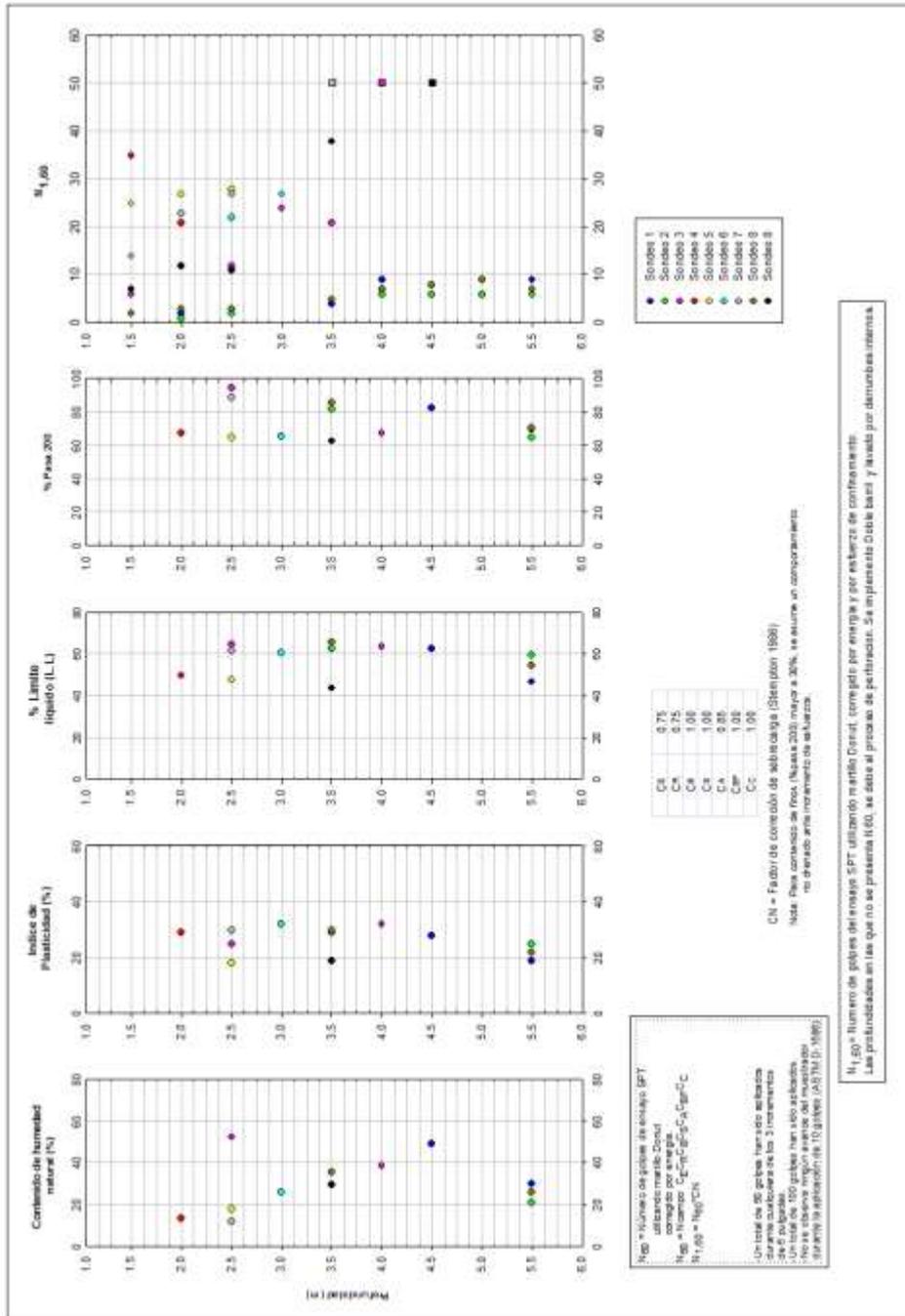


Figura 23. Caracterización del perfil del suelo – Colegio Integrado Simón Bolívar

Además del estudio de suelos, en el cual se recomendaba cimentar de forma superficial con recuperación en material seleccionado, el cliente suministró los planos de diseño estructural en el que se lograban identificar las dimensiones de las zapatas. A partir de esto, el objeto del proyecto fue verificar por medio del Software Settle 3D, si era posible cambiar la recuperación propuesta por concreto ciclópeo, sin que se viera afectada la estructura.

A partir de esta información, se procedió a extraer los datos de cada bloque de construcción: tanto parámetros de diseño como las dimensiones de las zapatas en cada sección para dar inicio a la modelación.

- **BLOQUE 1**

- Profundidad total a excavar: 2.00 m
- Espesor del suelo mejorado: 1.00 m
- Cohesión: 20 kPa.
- Relación de Vacíos: 1.07
- Peso unitario: 18.4 KN/m<sup>3</sup>.
- Módulo de elasticidad: 2330 kPa

- **BLOQUE 2**

- Profundidad total a excavar: 2.00 m
- Espesor del suelo mejorado: 1.00 m
- Cohesión: 40 kPa.
- Relación de Vacíos: 0.81
- Peso unitario: 18.2 KN/m<sup>3</sup>.
- Módulo de elasticidad: 5890 kPa

- **BLOQUE 3**

- Profundidad total a excavar: 1.50 m
- Espesor del suelo mejorado: 0.50 m
- Cohesión: 100 kPa.
- Relación de Vacíos: 0.55
- Peso unitario: 19.0 KN/m<sup>3</sup>.
- Módulo de elasticidad: 3740 kPa

Las dimensiones de las zapatas a modelar fueron las siguientes:

<b>BLOQUE 1</b>		
<b>Dimensiones</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Capacidad</b>
1.5x1.5x0.4 m	1 m	9.7 Ton/m <sup>2</sup>
2.0x2.0x0.4 m	1 m	7.63 Ton/m <sup>2</sup>

<b>BLOQUE 2</b>		
<b>Dimensiones</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Capacidad</b>
1.5x1.5x0.4 m	1 m	12.28 Ton/m <sup>2</sup>

<b>BLOQUE 3</b>		
<b>Dimensiones</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Capacidad</b>
1.4x1.4x0.4 m	1 m	11.04 Ton/m <sup>2</sup>
1.4x1.4x0.4 m	1 m	13.64 Ton/m <sup>2</sup>
1.55x1.55x0.4 m	1 m	13.13 Ton/m <sup>2</sup>

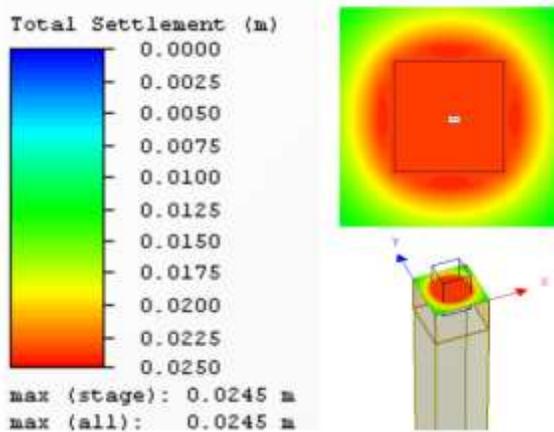
*Tabla 34. Dimensiones de zapatas para modelación en Settle 3D - Colegio Integrado Simón Bolívar*

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las modelaciones:

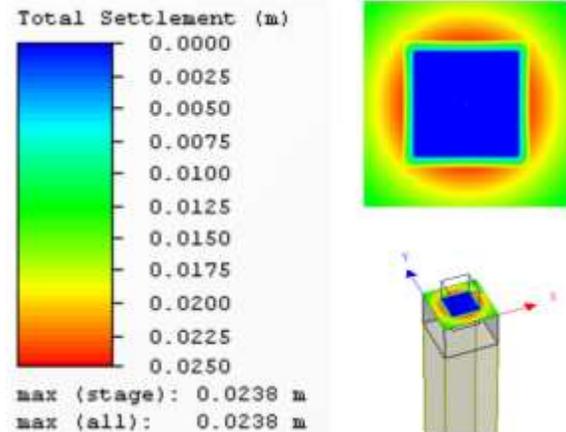
**a. BLOQUE 1**

**Espesor de la recuperación: 1 m, Dimensiones: 1.5x1.5x0.4 m, Profundidad: 1 m,**

**Capacidad: 9.7 Ton/m<sup>2</sup>**



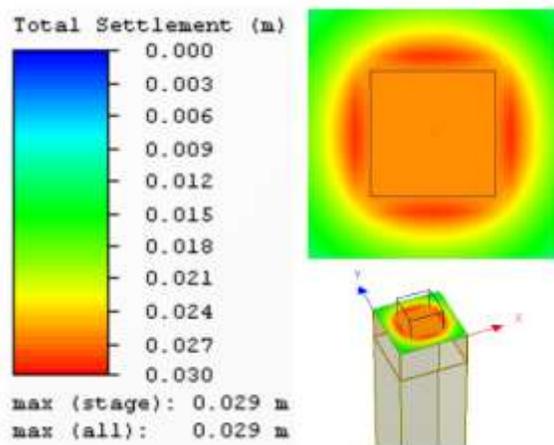
*Ilustración 29. Modelación de la cimentación con material seleccionado Bloque 1-A, Asentamiento: 2.45 cm*



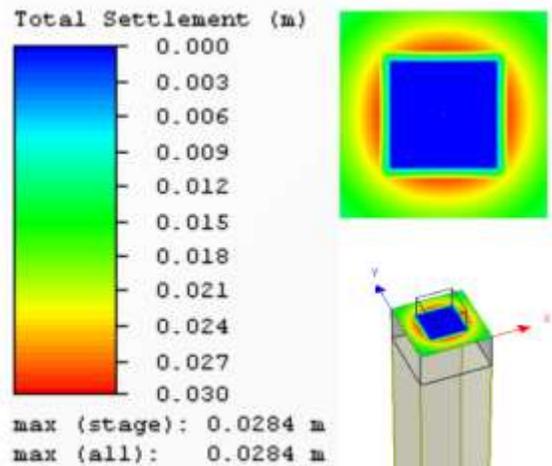
*Ilustración 28. Modelación de la cimentación con ciclópeo Bloque 1-A, Asentamiento: 2.38 cm*

**Espesor de la recuperación: 1 m, Dimensiones: 2.0x2.0x0.4 m, Profundidad: 1 m,**

**Capacidad: 7.63 Ton/m<sup>2</sup>**



*Ilustración 31. Modelación de la cimentación con material seleccionado Bloque 1-B, Asentamiento: 2.9 cm*



*Ilustración 30. Ilustración 27. Modelación de la cimentación con ciclópeo Bloque 1-B, Asentamiento: 2.84 cm*

## b. BLOQUE 2

**Espesor de la recuperación:** 1 m, **Dimensiones:** 1.5x1.5x0.4 m, **Profundidad:** 1 m,

**Capacidad:** 12.28 Ton/m<sup>2</sup>

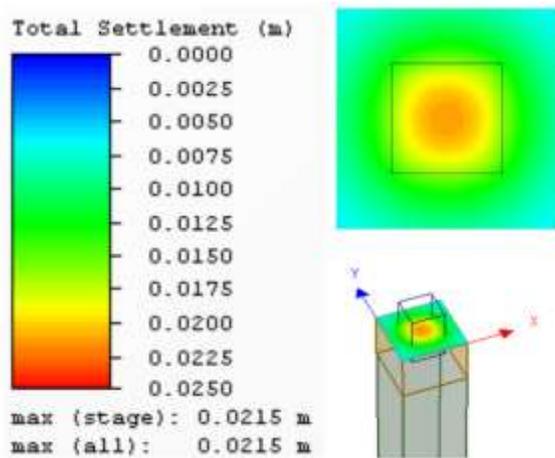


Ilustración 33. . Modelación de la cimentación con material seleccionado Bloque 2-A, Asentamiento: 2.15 cm

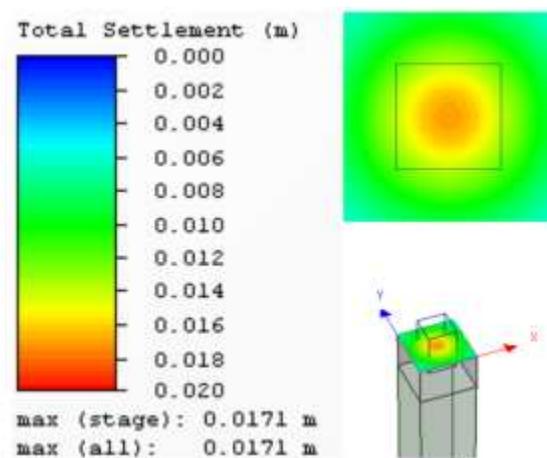


Ilustración 32. . Modelación de la cimentación con ciclópeo Bloque 2 -A, Asentamiento: 1.71 cm

## c. BLOQUE 3

**Espesor de la recuperación:** 1 m, **Dimensiones:** 1.4x1.4x0.4 m, **Profundidad:** 1 m,

**Capacidad:** 11.04 Ton/m<sup>2</sup>

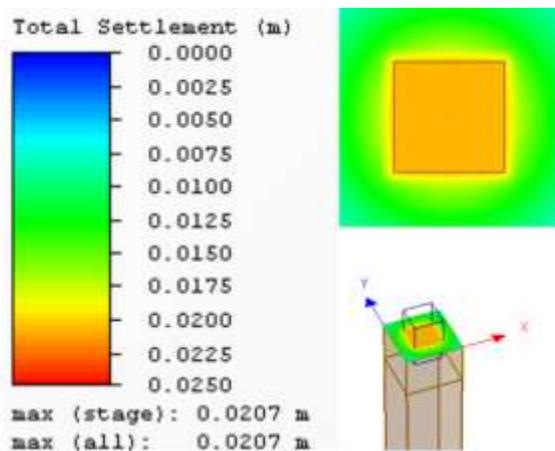


Ilustración 34. Modelación de la cimentación con material seleccionado Bloque 3-A, Asentamiento: 2.07 cm

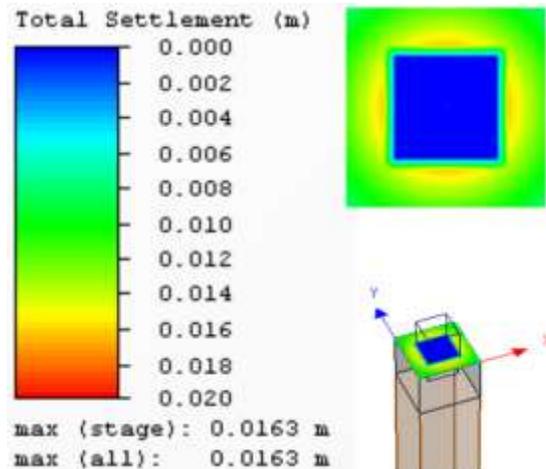
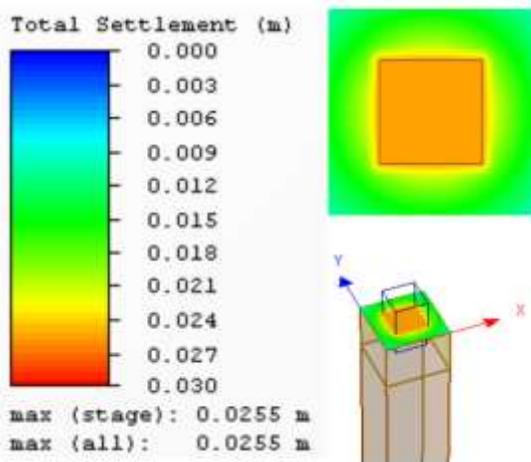
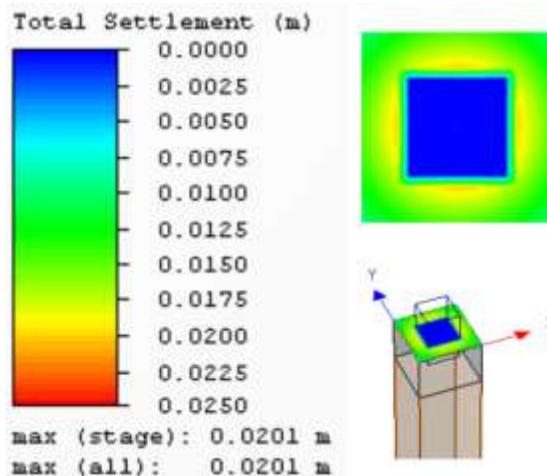


Ilustración 35. Modelación de la cimentación con ciclópeo Bloque 3 -A, Asentamiento: 1.63 m

**Espesor de la recuperación: 1 m, Dimensiones: 1.4x1.4x0.4 m, Profundidad: 1 m,**  
**Capacidad: 13.64 Ton/m<sup>2</sup>**

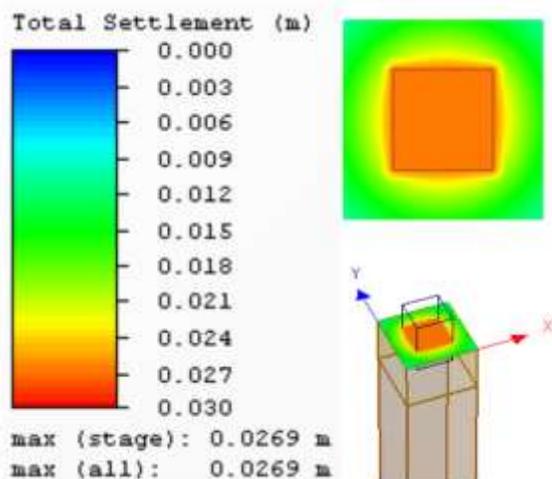


*Ilustración 37. Modelación de la cimentación con material seleccionado Bloque 3-B, Asentamiento: 2.55 cm*

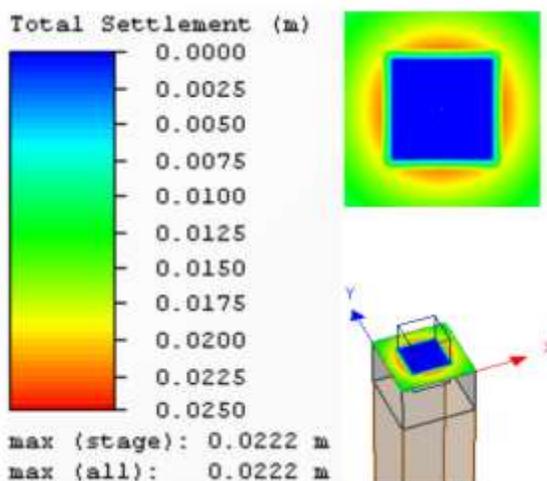


*Ilustración 36. Modelación de la cimentación con ciclópeo Bloque 3-B, Asentamiento: 1.63 m*

**Espesor de la recuperación: 1 m, Dimensiones: 1.55x1.55x0.4 m, Profundidad: 1 m,**  
**Capacidad: 13.13 Ton/m<sup>2</sup>**



*Ilustración 39. Modelación de la cimentación con material seleccionado Bloque 3-C, Asentamiento: 2.69 cm*

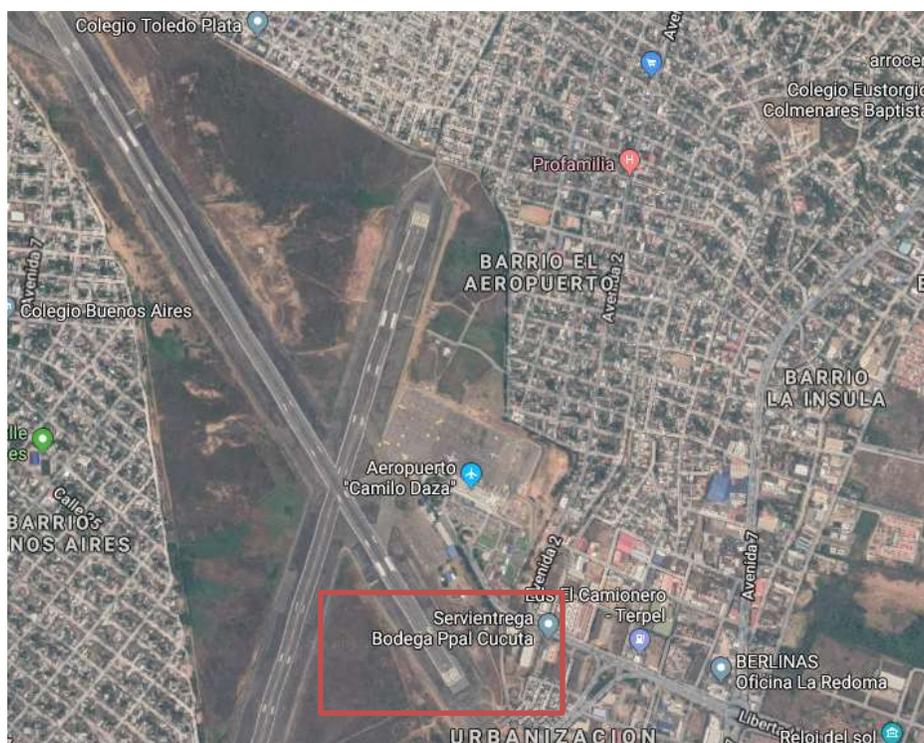


*Ilustración 38. Modelación de la cimentación con ciclópeo Bloque 3-C, Asentamiento: 2.22 m*

A partir de los resultados anteriormente expuestos se llegó a la conclusión de que la variación entre los asentamientos inmediatos utilizando cada una de las opciones de recuperación es muy poca, incluso se presenta una reducción de los mismos al utilizar la alternativa de concreto ciclópeo, por tanto, sí es viable que se utilice esta última opción como recuperación. Adicionalmente, se sugirió las recomendaciones realizadas en el estudio geotécnico realizado previamente por Global Civil S.A.S.

#### **6.2.2.6. ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE CIMENTACIONES PROYECTO PARA CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN AEROPUERTO CAMILO DAZA, CÚCUTA**

El proyecto se encuentra localizado dentro de Aeropuerto internacional Camilo Daza en la ciudad de Cúcuta – Norte de Santander



*Ilustración 40. Localización proyecto Aeropuerto Camilo Daza - Cúcuta - Google Earth*

La exploración del subsuelo se lleva a cabo mediante la ejecución de cinco (5) perforaciones, por medio de ensayos corridos de penetración estándar (S.P.T.) con equipo de perforación a percusión donde se sacaron muestras semi-alteradas para los respectivos ensayos de laboratorio.



*Fotografía 14. Sondeo 1 - Aeropuerto Cúcuta*



*Fotografía 15. Sondeo 2 - Aeropuerto Cúcuta*



*Fotografía 16. Sondeo 3 - Aeropuerto Cúcuta*



Fotografía 17. Sondeo 4 - Aeropuerto Cúcuta



Fotografía 18. Sondeo 5 - Aeropuerto Cúcuta

Con la realización de los sondeos, se procede a llevar a cabo los debidos ensayos de laboratorio para obtener características de los suelos presentes en el sitio estudiado.

A continuación, se presenta el resumen de exploración de campo para cada sondeo:

PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO DE GOLPES			DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS
	6"	12"	18"	
0.00 - 0.45	1	1	2	Material arcillo limoso de color café claro con tonalidades gris verdoso y rojizo, compuesto principalmente por partículas tamaño arcilla, además de importantes cantidades de limos, también se encuentran algunas gravas subangulares finas a medianas de hasta 25 mm, estas se encuentran suspendidas en la matriz arcillo-limosa. El segmento es de apariencia levemente heterogénea, húmedo, de consistencia firme, plasticidad media, nula reacción al HCL, moderadamente seleccionado y con presencia de materia orgánica (raíces y hojas) hasta 0.90 metros de profundidad. Posible suelo residual de la Formación León
0.45 - 0.90	9	9	10	
0.90 - 1.35	9	10	12	
1.35 - 1.80	10	12	13	
1.80 - 2.25	10	13	13	
2.25 - 2.70	10	12	45	

2.70 - 3.70	<b>BARRENA</b>			Material lodo gravoso de color gris claro con tonalidades rojizas, compuesto principalmente por partículas tamaño arcilla y limo, además de un fragmento de roca grande de hasta 95 mm. El segmento es de apariencia parcialmente homogénea, húmedo, de consistencia firme, plasticidad media, nula reacción al HCL y pobremente seleccionado. Posible suelo residual de la Formación León
3.70 - 4.15	7	9	10	Material arcillo limoso de color gris claro con tonalidades rojizas, producto de la oxidación, compuesto principalmente por partículas tamaño arcilla, y limo en menor proporción, también se encuentran cantidades despreciables de arena muy fina y algunas gravas subangulares de hasta 14 mm, estas son fragmentos de lodolitas altamente meteorizadas. El segmento es de apariencia parcialmente homogénea, húmedo, de consistencia blanda a firme, plasticidad media, nula reacción al HCL, moderadamente seleccionado y con presencia de pequeños niveles de yeso. Posible suelo residual de la Formación León
4.15 - 4.60	8	10	11	
4.60 - 5.05	9	10	12	
5.05 - 6.55	<b>BARRENA</b>			
6.55 - 7.00	16	21	26	
7.00 - 7.45	21	27	31	
7.45 - 7.90	28	37	<b>45</b>	

Tabla 35. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 1 – Aeropuerto Cúcuta

PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO DE GOLPES			DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS
	6"	12"	18"	
0.00 - 0.45	5	5	7	Material arcillo limoso de color gris claro con tonalidades rojizas, producto de la oxidación, compuesto principalmente por partículas tamaño arcilla, y limo en menor proporción, también se encuentran cantidades despreciables de arena muy fina y algunas gravas subangulares de hasta 14 mm, estas son fragmentos de lodolitas altamente meteorizadas. El segmento es de apariencia parcialmente homogénea, húmedo, de consistencia blanda a firme, plasticidad media, nula reacción al HCL, moderadamente seleccionado y con presencia de pequeños niveles de yeso. Posible suelo residual de la Formación León
0.45 - 0.90	7	8	8	
0.90 - 1.35	8	10	12	
1.35 - 1.80	7	9	11	
1.80 - 2.25	8	11	13	
2.25 - 2.70	11	21	29	Material arcillo limoso de color café claro con tonalidades gris claro y amarillo claro, compuesto mayormente por partículas tamaño arcilla, y limo en menor proporción, además de algunas gravas subangulares finas a medianas de hasta 25 mm, estas son pequeños fragmentos de lodolitas completamente meteorizadas. El segmento es de apariencia homogénea, húmedo, de consistencia blanda a firme, plasticidad media, nula reacción al HCL y moderadamente seleccionado. Posible suelo residual de la Formación León
2.70 - 4.20	<b>BARRENA</b>			
4.20 - 4.65	8	10	11	Material arcillo limoso de color gris claro con tonalidades café claro, rojizo y amarillo, estos colores son producidos por oxidación, compuesto principalmente por partículas tamaño arcilla, además de una importante fracción de limos y cantidades despreciables de arena muy fina. El segmento es de apariencia parcialmente homogénea, húmedo, de consistencia firme a dura, nula reacción al HCL, plasticidad baja y bien seleccionado. Posible suelo residual de la Formación León.
4.65 - 5.10	9	10	16	
5.10 - 6.10	<b>BARRENA</b>			
6.10 - 6.55	10	12	15	
6.55 - 7.00	11	19	21	
7.00 - 7.45	18	21	29	
7.45 - 7.90	17	22	28	
7.90 - 8.35	21	27	37	

Tabla 36. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 2 – Aeropuerto Cúcuta

PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO DE GOLPES			DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS
	6"	12"	18"	
0.00 - 0.45	2	5	9	Material arcillo limoso de color gris claro con tonalidades café y amarillo claro, compuesto principalmente por partículas tamaño arcilla, además de importantes cantidades de limos, también se encuentran algunas gravas de hasta 30 mm, estas son fragmentos de lodolitas completamente meteorizadas, este segmento es de apariencia parcialmente homogénea, húmedo, de consistencia blanda a firme, plasticidad media, moderadamente seleccionado y con presencia de pequeñas cantidades de materia orgánica (raíces) hasta 0.90 metros de profundidad. Posible suelo residual de la Formación León
0.45 - 0.90	9	10	12	
0.90 - 1.35	12	15	17	
1.35 - 1.80	12	17	19	
1.80 - 2.25	11	12	15	
2.25 - 2.70	9	8	7	
2.70 - 3.15	5	10	15	
3.15 - 3.60	7	12	17	
3.60 - 4.05	12	21	37	Material arcillo limoso de color gris claro con tonalidades rojizas y amarillo claro, producto de la meteorización, compuesto principalmente por partículas tamaño arcilla, además de importantes cantidades de limos y fracciones despreciables de arena muy fina. El segmento es de apariencia parcialmente homogénea, húmedo, de consistencia blanda, plasticidad media a alta, nula reacción al HCL y bien seleccionado. Posible suelo residual de la Formación León
4.05 - 5.05	BARRENA			
5.05 - 5.50	21	24	24	Material arcillo limoso de color gris claro con tonalidades amarillo claro y café claro, producto de la oxidación, compuesto principalmente por partículas tamaño arcilla y limo en menor proporción. El segmento es de apariencia homogénea, húmedo, de consistencia blanda a firme, plasticidad media a alta, nula reacción al HCL, moderadamente seleccionado y con presencia de pequeños niveles de yeso. Posible suelo residual de la Formación León
5.50 - 5.95	12	15	19	
5.95 - 6.40	11	17	21	
6.40 - 7.90	BARRENA			
7.90 - 8.35	19	24	37	

Tabla 37. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 3 – Aeropuerto Cúcuta

PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO DE GOLPES			DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS
	6"	12"	18"	
0.00 - 0.45	3	4	4	Material arcillo limoso de color café claro compuesto principalmente por partículas tamaño arcilla, además de importantes cantidades de limos, incluso una fracción menor de arena muy fina a fina, también se observan algunas gravas subangulares finas de hasta 5 mm. El segmento es de apariencia levemente heterogénea, húmedo a seco, de consistencia firme a dura, en algunos fragmentos presenta leve reacción al HCL y en otros no reacciona, moderadamente seleccionado, plasticidad media y con presencia de materia orgánica (raíces). Suelo transportado antrópico
0.45 - 0.90	4	5	5	
0.90 - 1.35	5	7	10	Material arcillo limoso de color gris claro con tonalidades rojizas y amarillo claro, producto de la oxidación por meteorización,
1.35 - 1.80	7	14	17	
1.80 - 2.25	12	15	19	
2.25 - 2.70	16	19	20	

2.70 - 3.15	18	19	19	compuesto principalmente por partículas tamaño arcilla, además de importantes cantidades de limos, se encuentra también una fracción menor de arena muy fina y algunas gravas subangulares finas a medianas de hasta 25 mm, estas son fragmentos de lodolitas altamente meteorizadas. El segmento es de apariencia parcialmente homogénea, húmeda, de consistencia firme, plasticidad media, nula reacción al HCL y moderadamente seleccionado. Posible suelo residual de la Formación León
3.15 - 3.60	15	17	19	
3.60 - 5.10	BARRENA			
5.10 - 5.55	13	17	18	
5.55 - 6.00	14	18	21	
6.00 - 7.50	BARRENA			
7.50 - 7.95	21	29	37	

Tabla 38. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 4 – Aeropuerto Cúcuta

PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO DE GOLPES			DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS
	6"	12"	18"	
0.00 - 0.45	7	8	8	Material lodo gravoso de color café claro, compuesto principalmente por partículas tamaño limo y arcilla en menor proporción, además de gran cantidad de gravas subangulares finas a medianas de hasta 27 mm, incluso se encuentra una fracción considerable de arena media a gruesa. El segmento es de apariencia heterogénea, húmedo, de consistencia blanda, plasticidad baja, fuerte reacción al HCL, moderadamente seleccionado y con presencia de material orgánico (raíces y hojas) y fragmentos de caliza y concreto. Posible suelo transportado antrópico
0.45 - 0.90	8	10	10	
0.90 - 1.35	9	9	10	
1.35 - 1.80	11	11	12	
1.80 - 2.25	10	12	12	
2.25 - 2.70	10	12	14	Material arcillo limoso de color gris claro con tonalidades amarillo claro producto de la oxidación por meteorización, compuesto principalmente por partículas tamaño arcilla, y limo en menor proporción, además de una fracción despreciable de arena muy fina, incluso algunas gravas subangulares meteorizadas. El segmento es de apariencia parcialmente homogénea, húmedo, de consistencia blanda a firme, plasticidad media a baja, nula reacción al HCL, moderadamente seleccionado y con pequeñas intercalaciones de niveles despreciables de yeso. Posible suelo residual de la Formación León
2.70 - 3.15	12	15	17	
3.15 - 4.65	BARRENA			
4.65 - 5.10	13	17	19	
5.10 - 5.55	17	20	21	
5.55 - 7.05	BARRENA			
7.05 - 7.50	19	27	27	
7.50 - 7.90	21	28	31	

Tabla 39. Tabla resumen de exploración de campo Sondeo 5 – Aeropuerto Cúcuta

De las exploraciones geotécnicas realizadas se compararon las muestras más representativas para realizar ensayos de clasificación, tales como humedades, granulometrías por mallas con lavado, límites de consistencia y ensayos de resistencia.

PROFUNDIDAD (m)	CLASF. SUCS	CLASF. AASH	LL	IP	PPT 200	HUMEDAD (%)
0.00 - 0.90	MH	A-7-5	56	24	92.74	12.02
0.90 - 1.35						12.01
1.35 - 1.80						20.34
1.80 - 2.25						14.17
2.25 - 2.70						16.62
2.70 - 3.70	MH	A-7-5	55	25	91.59	18.95
3.70 - 4.15	CH	A-7-6	50	24	88.34	18.71
4.15 - 4.60						15.42
4.60 - 5.05	MH	A-7-5	55	16	90.11	14.97
5.05 - 6.55						16.97
6.55 - 7.00	ML	A-7-6	41	15	66.28	11.32
7.00 - 7.45						11.51
7.45 - 7.90						13.2

*Tabla 40. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 1 - Aeropuerto Cúcuta*

PROFUNDIDAD (m)	CLASF. SUCS	CLASF. AASH	LL	IP	PPT 200	HUMEDAD (%)
0.00 - 0.90	MH	A-7-5	56	26	94.25	16.09
0.90 - 1.35						15.35
1.35 - 1.80						15.83
1.80 - 2.25						18.78
2.25 - 2.70	MH	A-7-5	53	23	84.54	16.73
2.70 - 4.20						14.66
4.20 - 4.65	ML	A-7-5	50	19	80.07	18.22
4.65 - 5.10						19.12
5.10 - 6.10						20.25
6.10 - 6.55						20.79
6.55 - 7.00						23.46
7.00 - 7.45						18.78
7.45 - 7.90						18.68
7.90 - 8.35						17.73

*Tabla 41. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 2 - Aeropuerto Cúcuta*

PROFUNDIDAD (m)	CLASF. SUCS	CLASF. AASH	LL	IP	PPT 200	HUMEDAD (%)
0.00 - 0.90	MH	A-7-5	50	14	88.75	13.30
0.90 - 1.35						14.8
1.35 - 1.80						13.34
1.80 2.25						12.07
2.25 - 2.70						18.08
2.70 - 3.15						23.83
3.15 - 3.60						20.26
3.60 - 4.05	ML	A-7-5	49	13	86.1	27.34
4.05 - 5.05						18.98
5.05 - 5.50	MH	A-7-5	59	11	94.83	17.57
5.50 - 5.95						17.61
5.95 - 6.40						19.93
6.40 - 7.90						22.77
7.90 - 8.35						17.23

*Tabla 42. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 3 - Aeropuerto Cúcuta*

PROFUNDIDAD (m)	CLASF. SUCS	CLASF. AASH	LL	IP	PPT 200	HUMEDAD (%)
0.00 - 0.90	MH	A-7-5	51	16	89.22	14.01
0.90 - 1.35	MH	A-7-5	21	20	89.9	21.12
1.35 - 1.80						15.51
1.80 2.25						16.77
2.25 - 2.70						14.96
2.70 - 3.15	MH	A-7-5	52	16	90.76	15.42
3.15 - 3.60						16.72
3.60 - 5.10						22.66
5.10 - 5.55						22.56
5.55 - 6.00						19.82
6.00 - 7.50						18.5
7.50 - 7.95						16.49

*Tabla 43. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 4 - Aeropuerto Cúcuta*

PROFUNDIDAD (m)	CLASF. SUCS	CLASF. AASH	LL	IP	PPT 200	HUMEDAD (%)
0.00 - 0.90	GC-GM	A-2-4	26	4	25.45	5.22
0.90 - 1.80						4.99
1.80 - 2.25						16.27
2.25 - 2.70	ML	A-5	41	10	88.19	17.08
2.70 - 3.15						12.34
3.15 - 4.65						15.81
4.65 - 5.10						18.81
5.10 - 5.55	ML	A-7-5	48	13	88.61	18.72
5.55 - 7.05						14.25
7.05 - 7.50	CL	A-6	36	13	79.81	11.60
7.50 - 7.90						17.93

*Tabla 44. Tabla resumen de ensayos de Laboratorio Sondeo 5 - Aeropuerto Cúcuta*

A partir de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se procede a realizar el gráfico de la caracterización geotécnica del suelo, la cual se presenta a continuación:

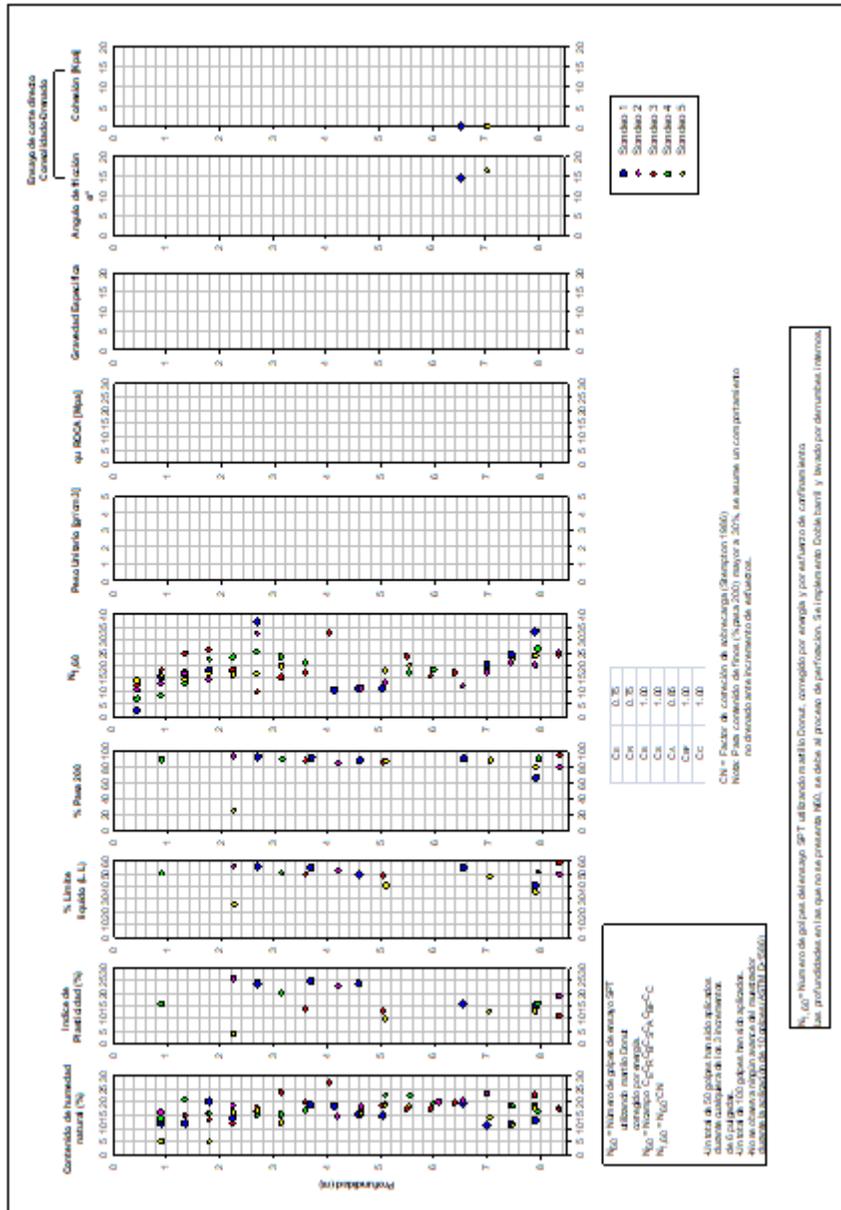


Figura 24. Caracterización del perfil del suelo – Aeropuerto Cúcuta

Según la exploración de campo realizada en la zona se determinó que la metodología de cálculo de estado límite de falla y servicio corresponde la expuesta anteriormente para suelos finos o cohesivos. Para este caso se realizó el cálculo de la capacidad portante del suelo teniendo en cuenta cimentación superficial y profunda.

- **ALTERNATIVA 1: CIMENTACIÓN SUPERFICIAL**

CAPACIDAD DE CARGA		
$\gamma_1$	1,8	T/m <sup>3</sup>
$\phi_1$	30	°
$c_1$	0,0	T/m <sup>2</sup>
FS	3	
$N\gamma$	15,67	
$Nq$	18,4	
$Ncr$	30,14	
L		m

Df	2,0	m
ANCHO B	qult	qadm
(m)	T/m <sup>2</sup>	T/m <sup>2</sup>
3,50	116,3	38,78
16,00	292,6	97,52
18,00	320,8	106,92
20,00	348,8	116,28

Tabla 45. Estado límite de falla – Aeropuerto Cúcuta

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS				
$\rho_i = I_o I_i \frac{qB}{E} (1 - \nu^2)$				
$\nu$	0,15	Poisson		
E	1400	T/m <sup>2</sup>		

ANCHO B (m)	factor		q servicio maxima (ton/m <sup>2</sup> )	asentamiento pi cm
	lo	li		
2,00	0,92	1,1	38,8	4,52
3,00	0,93	1	57,5	17,05
4,00	0,935	0,9	108,9	22,56
5,00	0,94	0,8	116,3	27,40

ANCHO B (m)	factor		q servicio maxima (ton/m <sup>2</sup> )	asentamiento pi cm
	lo	li		
2,00	0,92	1,10	20,0	2,54
3,00	0,93	1,00	14,0	2,45
4,00	0,935	0,90	12,0	2,53
5,00	0,94	0,80	11,0	2,59

Tabla 46. Estado límite de Servicio – Aeropuerto Cúcuta

- **ALTERNATIVA 2: CIMENTACIÓN PROFUNDA CON PILOTES**

El cálculo de la resistencia por fuste se realiza de acuerdo a la publicación NAVFAC DM 7.2, Foundation and Earth Structures, U.S. Department of the Navy 1984.

<b>Diámetro</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Espesor</b>	<b>Asj</b>	<b>cu<sub>j</sub></b>	<b>α</b>	<b>Q<sub>si</sub></b>
<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m<sup>2</sup>]</b>	<b>[kPa]</b>	<b>[-]</b>	<b>[kN]</b>
0,3	8,0	1,5	1	80	0,55	62
		4,7	4	200	0,55	487
<b>Total Fuste</b>						<b>549</b>
0,5	8,0	1,5	1	80	0,55	62
		4,5	4	200	0,55	467
<b>Total Fuste</b>						<b>529</b>
0,8	8,0	1,5	1	80	0,55	62
		4,2	4	200	0,55	435
<b>Total Fuste</b>						<b>498</b>
1	8,0	1,5	1	80	0,55	62
		4,0	4	200	0,55	415
<b>Total Fuste</b>						<b>477</b>
1,2	8,0	1,5	1	80	0,55	62
		3,8	4	200	0,55	394
<b>Total Fuste</b>						<b>456</b>
1,5	8,0	1,5	1	80	0,55	62
		3,5	3	200	0,55	363
<b>Total Fuste</b>						<b>425</b>

Tabla 47. Capacidad de carga por fuste Pilotes L=8.0m - Aeropuerto Cúcuta

<b>Diámetro</b>	<b>cu<sub>j</sub></b>	<b>Ab</b>	<b>Q<sub>si</sub></b>
<b>[m]</b>	<b>[kPa]</b>	<b>[m<sup>2</sup>]</b>	<b>[kN]</b>
0,3	200	0,07	<b>127</b>
0,5	200	0,20	<b>353</b>
0,8	200	0,50	<b>905</b>
1	200	0,79	<b>1414</b>
1,2	200	1,13	<b>2036</b>
1,5	200	1,77	<b>3181</b>

Tabla 48. Capacidad de carga por punta Pilotes L=8.0 m – Aeropuerto Cúcuta

Obtenemos la capacidad admisible por compresión total la cual está dada por la suma de la capacidad por fuste y por punta menos el peso total del pilote dividido en el factor de seguridad que en este caso es FS= 3.

<b>Diámetro</b>	<b>Longitud</b>	<b>Peso del Pilote</b>	<b>Qb (Punta)</b>	<b>Qs (Fuste)</b>	<b>Factor de Seguridad</b>	<b>Capacidad de Carga Admisible a Compresión</b>
<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>Ton</b>	<b>Ton</b>	<b>Ton</b>		<b>Ton</b>
0,3	8,0	1,36	12,72	54,95	3	<b>22</b>
0,5	8,0	3,77	35,34	52,87	3	<b>28</b>
0,8	8,0	9,65	90,48	49,76	3	<b>44</b>
1	8,0	15,08	141,37	47,69	3	<b>58</b>
1,2	8,0	21,71	203,58	45,62	3	<b>76</b>
1,5	8,0	33,93	318,09	42,51	3	<b>109</b>

*Tabla 49. Capacidad de carga admisible a compresión Pilotes L=8.0 m – Aeropuerto Cúcuta*

Finalmente, se calcula la capacidad de carga admisible por tracción así:

$$Q_a = (Q_s + W_p) * F_g$$

Donde  $F_g$  corresponde al factor de resistencia geotécnica a tracción de pilotes prebarrenados en arcillas (Reese y O'Neill 1998) el cual es igual a 0.55.

<b>Diámetro</b>	<b>Longitud</b>	<b>Peso del Pilote</b>	<b>Qs (Fuste)</b>	<b>Factor de resistencia geotécnica</b>	<b>Capacidad admisible a tracción</b>
<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>Ton</b>	<b>Ton</b>		<b>Ton</b>
0,3	8,0	1,36	54,95	0,55	<b>31</b>
0,5	8,0	3,77	52,87	0,55	<b>31</b>
0,8	8,0	9,65	49,76	0,55	<b>33</b>
1	8,0	15,08	47,69	0,55	<b>35</b>
1,2	8,0	21,71	45,62	0,55	<b>37</b>
1,5	8,0	33,93	42,51	0,55	<b>42</b>

*Tabla 50. Capacidad de carga admisible a tracción Pilotes L=8.0 m – Aeropuerto Cúcuta*

Se realizó un análisis para analizar dos alternativas, cimentación superficial la cual se evaluó para diferentes anchos a una profundidad de 2 m, sin embargo, se evidenció que las capacidades de carga obtenidas no fueron altas, por tanto, su implementación está sujeta a las características del proyecto a ejecutar.

Así mismo, se realizó la evaluación para la alternativa de cimentación por medio de pilotes para seis diferentes diámetros a una profundidad de cimentación de 8 metros, en el caso que la cimentación superficial no aplique o no cumpla los requerimientos.

Se recomendó que durante el proceso de instalación de las cimentaciones se haga un seguimiento por parte de una persona idónea, para verificar la presencia o continuidad de los rellenos y aprobar los horizontes adecuados de cimentación.

<b>ANCHO</b>	<b>Capacidad Admisible</b>
<b>B</b>	<b>(ton/m2)</b>
<b>(m)</b>	
2,00	20,0
3,00	14,0
4,00	12,0
5,00	11,0

*Tabla 51- Tabla resumen de Capacidad admisible para Cimentación Superficial - Aeropuerto Cúcuta*

<b>Diámetro</b>	<b>Longitud</b>	<b>Capacidad de Carga Admisible a Compresión</b>	<b>Capacidad admisible a tracción</b>
<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>Ton</b>	<b>Ton</b>
0,3	8	22	31
0,5	8	28	31
0,8	8	44	33
1	8	58	35
1,2	8	76	37
1,5	8	109	42

*Tabla 52. Tabla resumen de Capacidad admisible para Cimentación Profunda - Aeropuerto Cúcuta*

## **PARÁMETROS DE DISEÑO**

- Nivel freático: no se registró durante la perforación.
- Peso volumétrico: 1.80 Ton/m<sup>3</sup>
- capacidad de carga: Variable dependiendo del tipo de cimentación seleccionada y dimensiones de la misma.
- Profundidad de cimentación: 2 metros desde el nivel al cual ejecutaron los

sondeos para cimentación superficial y 8 metros para cimentación profunda.

### **6.3. APOYO TÉCNICO EN EL ÁREA DE DISEÑO EN PROYECTOS DE INGENIERÍA**

#### **6.3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD**

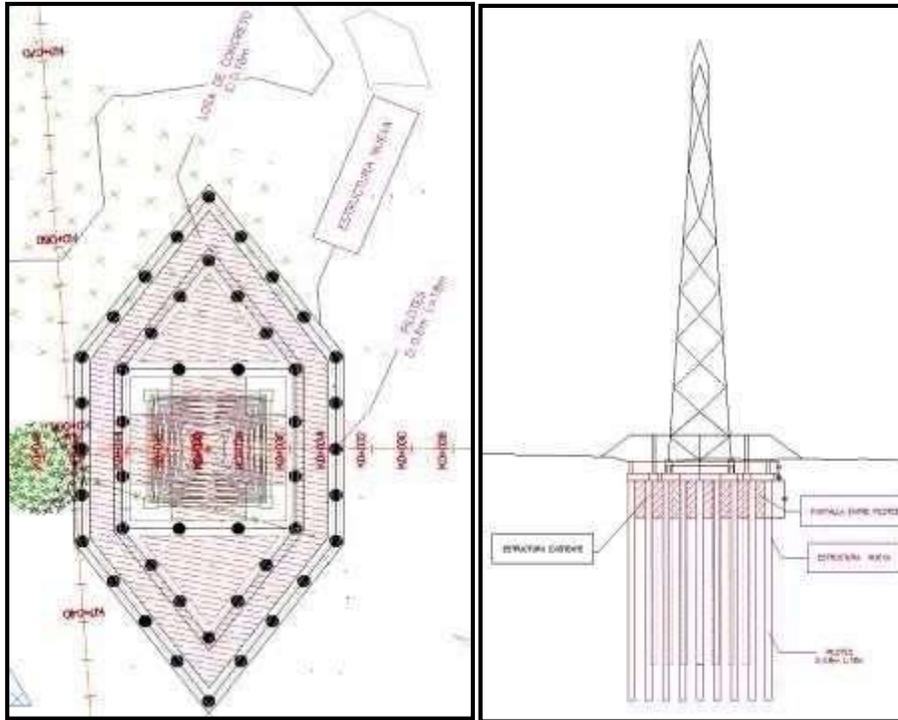
Esta actividad consta básicamente en asistir al geotecnista en actividades relacionadas con el diseño de obras de contención, como creación y/o modificación de planos y cálculo de cantidades de obra.

#### **6.3.2. PROYECTOS REALIZADOS**

##### **6.3.2.1. DISEÑO DE OBRAS DE CONTROL DE EROSIÓN PARA LA TORRE ELÉCTRICA NÚMERO 16 EN EL RÍO GUAYURIBA – ECOPEPETROL.**

El proyecto está ubicado en la ciudad de Villavicencio, departamento del Meta, este consistía en el diseño de una estructura que funcionaria para controlar la erosión generada por el río Guayuriba, sobre los cimientos de una torre de energía que alimenta una estación de producción de la Empresa Ecopetrol.

Cabe resaltar que ya existía una estructura previa para la función anteriormente descrita como se puede evidenciar en la Ilustración 41. Estructura para el control de erosión, sin embargo, debido al crecimiento del río, y la importancia de la torre de energía, ya que la falla de la misma podría costar a Ecopetrol pérdidas millonarias, se tomó la decisión de diseñar otra estructura externa con pilotes más profundos.



*Ilustración 41. Estructura para el control de erosión - Guayuriba - Ecopetrol*

La estructura interna inicial consistía en una estructura polinomial, tal como se muestra en la ilustración anterior, formada por vigas de 0.6 m de altura de las cuales se desprenden pilotes de 0.6 m de diámetro a 15 metros de profundidad, unida por una losa de concreto con espesor de 10 cm.

Así mismo, la estructura proyectada, posee la misma forma de la existente, con la diferencia de que en este caso se plantea la construcción de pilotes de 0.6 metros de diámetro a 18 metros de profundidad a una separación no mayor a 3 metros entre ellos, unidos a su vez por una pantalla de 3 metros de altura.

En este caso, mi función fue realizar el dibujo de la estructura proyectada a partir de las indicaciones anteriormente descritas y los planos existentes, así como el cálculo de las

cantidades totales y la organización del plano final.

CANTIDADES		
ITEM	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
CONCRETO PARA MURO H:1m	m <sup>3</sup>	18.59
CONCRETO PARA WCAS	m <sup>3</sup>	26.75
PILOTES D: 0.6m L:18m	UND	24
ACERO PARA MURO	Kg	2250.8
ACERO PARA WCAS	Kg	3569.27
CONCRETO PARA PANTALLA H:3m	m <sup>3</sup>	20.79
ACERO PARA PANTALLA	Kg	2494.63
CONCRETO PARA LOSA E:0.10m	m <sup>3</sup>	14.08
ACERO PARA LOSA	Kg	1689.84

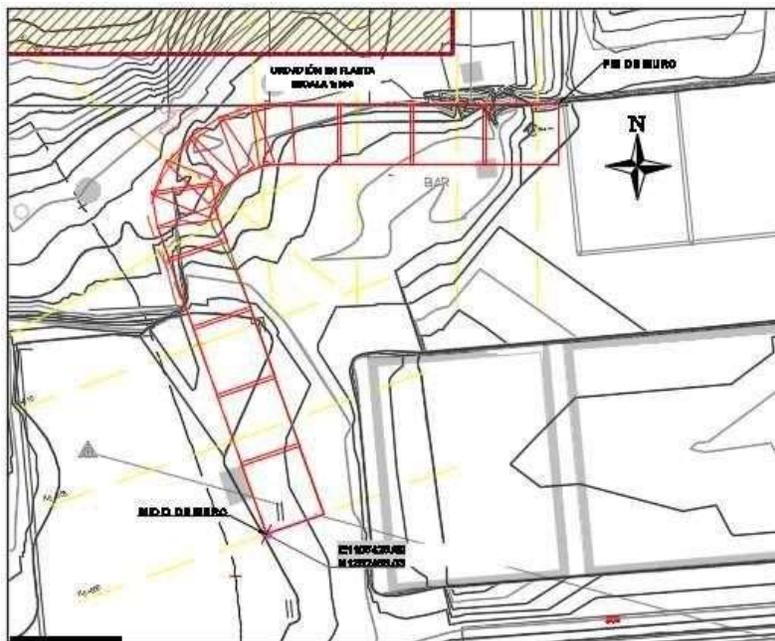
*Tabla 53. Tabla de cantidades estructura para el control de erosión en la torre de energía*

### **6.3.2.2. DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN COSTADO SUR BLOQUES 4 Y 5 Y TALUD ZONA DE JUEGOS INFANTILES - PROYECTO NORTE CLUB TIBURONES II**

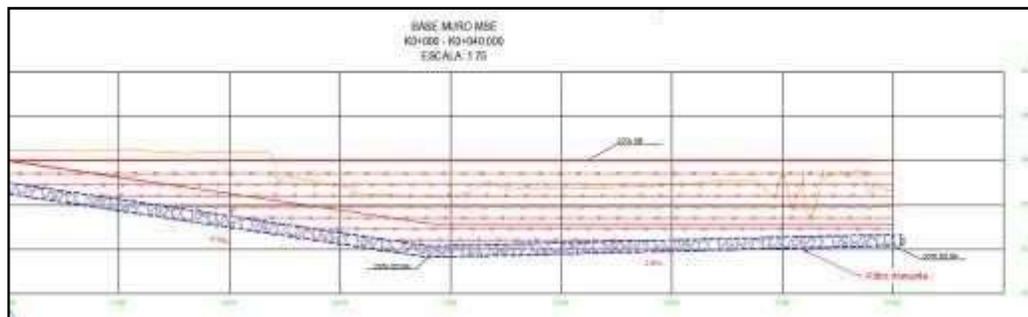
El proyecto está ubicado en el Km 3, costado oriental vía Bucaramanga – matanza municipio de Bucaramanga - departamento de Santander, consiste en el diseño de un muro en tierra armada, reforzado con geotextil y dotado de un filtro drenante en la parte inferior del mismo.

Se contempló utilizar 7 capas de 0.5 metros de espesor las cuales estarán cubiertas con geotextil TR 3000.

Mi función en este caso, fue dibujar el perfil del muro, sacar secciones transversales para excavación en las cuales se especificaran las respectivas cotas, dibujar en detalle las secciones transversales con el geotextil y el filtro, dibujar detalles explicativos del método constructivo, sacar las cantidades de geotextil tejido (para reforzar el muro) y no tejido (para filtro), material para filtro, a utilizar teniendo en cuenta su presentación comercial, las dimensiones del muro y su geometría y el terreno, de manera gráfica y realizar recomendaciones sobre la ubicación de cada lamina de geotextil.



*Ilustración 42. Ubicación del muro en planta - MSE Tiburones*



*Ilustración 43. Perfil muro en tierra armada - MSE Tiburones*

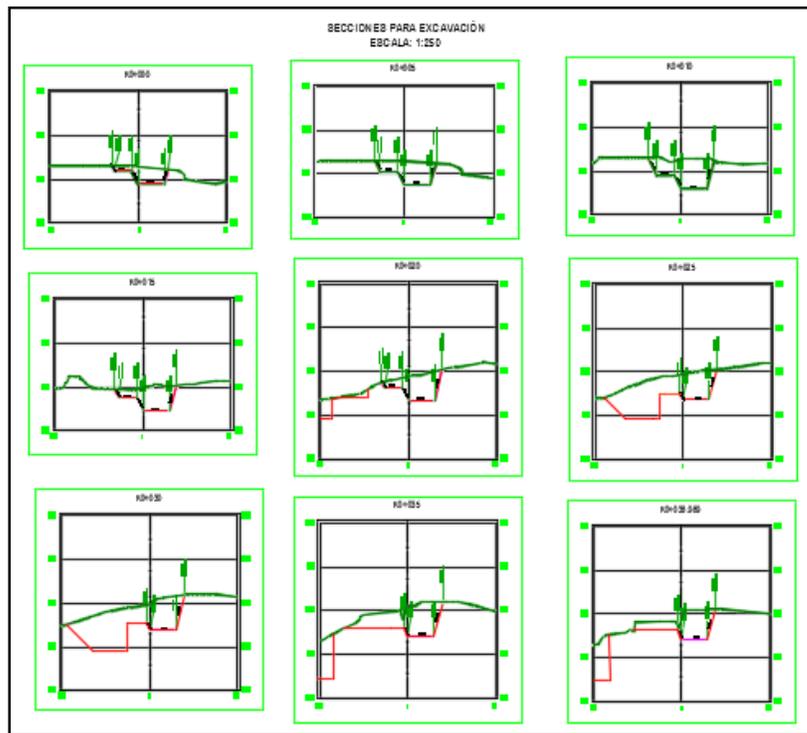


Ilustración 45. Secciones transversales para excavación. - MSE Tiburones



Ilustración 44. Detalles constructivos del muro - Sección tipo - MSE Tiburones

### CANTIDADES

Descripción	Talud Reforzado	Filtro drenante	Total	Unid.
Geotextil No Tejido		301,50	301,50	m <sup>2</sup>
Material para Filtro		60	60	m <sup>3</sup>
Geotextil tejido TTI 3000	689,93		689,93	m <sup>2</sup>
Geodren planar	95,86		95,86	m <sup>2</sup>
Tubería Perforada D=4"		40	40	m

Ilustración 46. Tabla de cantidades final presentada - MSE Tiburones

### 6.3.2.3. MURO EN TIERRA ARMADA LA PRADERA, GIRÓN.

Este proyecto consiste en el diseño de un muro en tierra armada, reforzado con geotextil y dotado de un filtro drenante en la parte inferior del mismo. Se contempló utilizar 20 capas de 0.5 metros de espesor las cuales estarán cubiertas con geotextil tejido TR 6000.

Mi función en este caso, al igual que en el proyecto anterior, fue dibujar el perfil del muro, sacar secciones transversales para excavación en las cuales se especificaran las respectivas cotas, dibujar en detalle las secciones transversales con el geotextil y el filtro, dibujar detalles explicativos del método constructivo, sacar las cantidades de geotextil tejido (para reforzar el muro) y no tejido (para filtro), material para filtro, a utilizar teniendo en cuenta su presentación comercial, las dimensiones del muro y su geometría y la del terreno, de manera gráfica y finalmente realizar recomendaciones sobre la ubicación de cada lamina de geotextil.

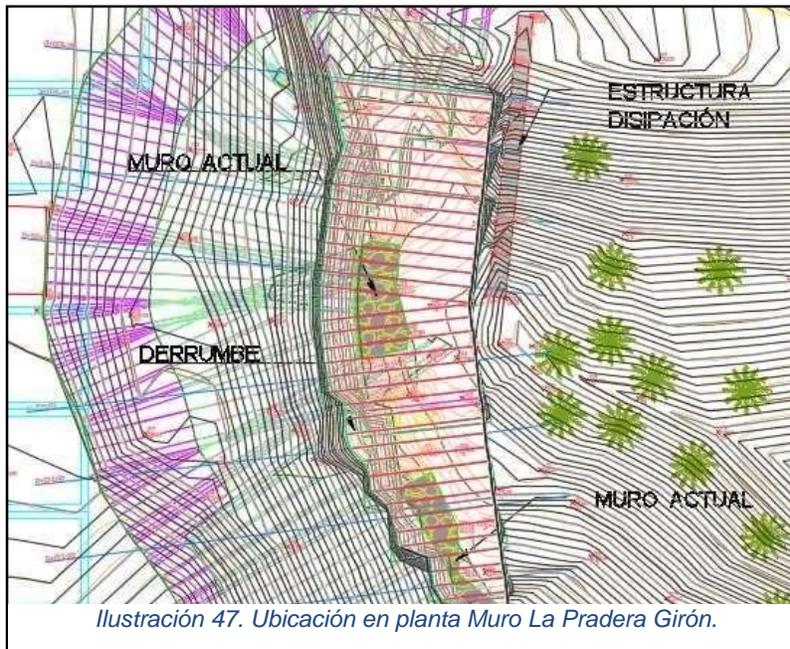


Ilustración 47. Ubicación en planta Muro La Pradera Girón.

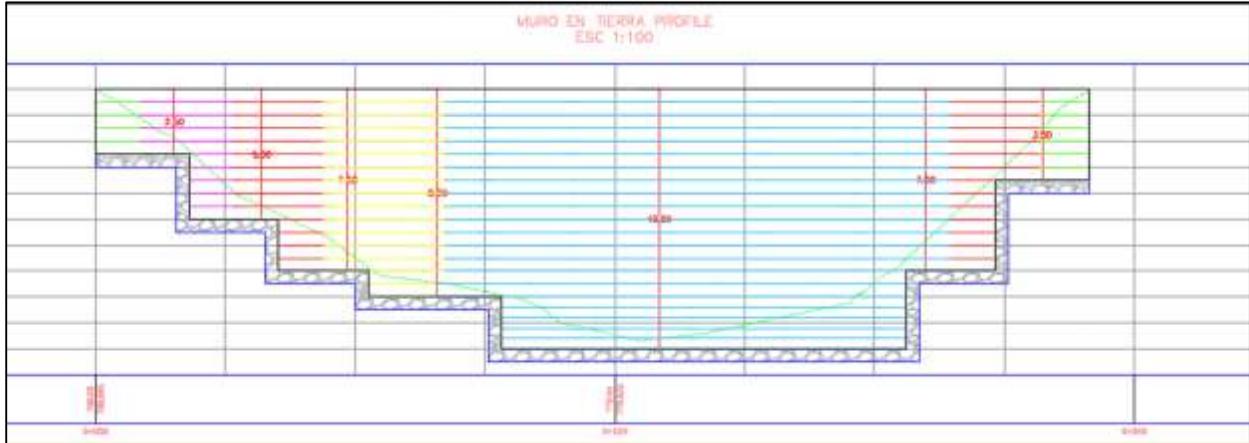


Ilustración 48. Perfil muro ubicado en La Pradera Girón.

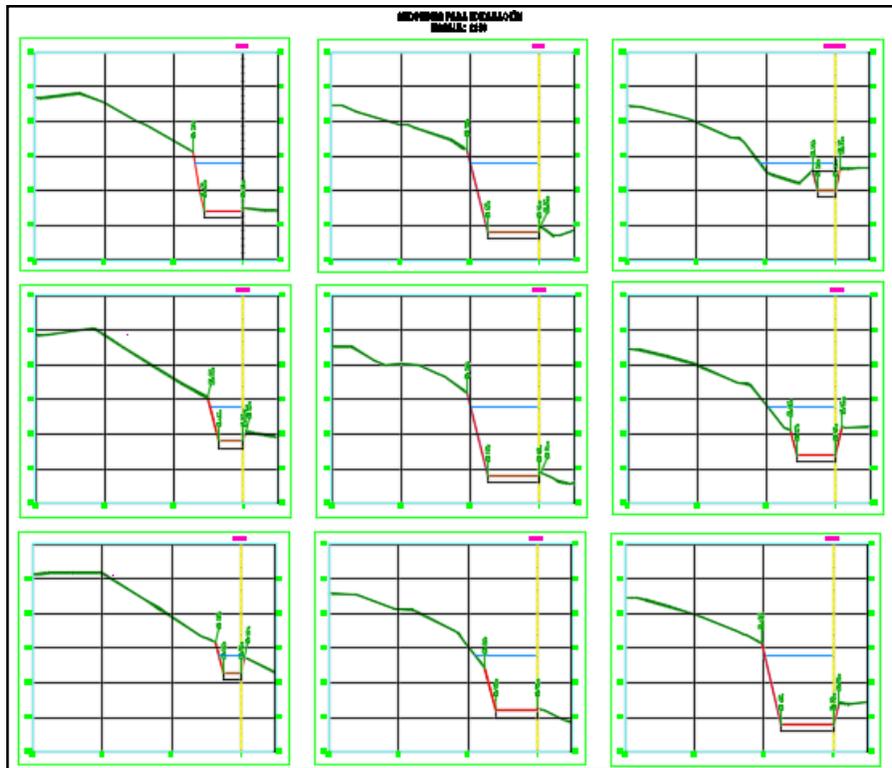


Ilustración 49. Secciones transversales para excavación muro La Pradera – Girón



Ilustración 50. Detalle constructivo de la sección transversal tipo del Muro La Pradera - Girón

CANTIDADES		
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
Geodren Planar	330	m <sup>2</sup>
Geotextil no Tejido	714	m <sup>2</sup>
Tubería para Filtro 4"	60	m
Geotextil Tejido TR 6000	5445	m <sup>2</sup>
Manto permanente	360	m <sup>2</sup>
Material de filtro	154	m <sup>3</sup>

Tabla 54. Tabla de cantidades final, Muro La Pradera – Girón

#### 6.3.2.4. CONSTRUCCION DEL EMBALSE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS EN MÁLAGA – SANTANDER.

Este proyecto está ubicado en el municipio de Málaga – Santander, consiste en la construcción de un embalse de agua alterno al existente, que permita recolectar y almacenar el agua que se desborda del embalse actual, para las épocas de sequía y se planea realizar por medio de la construcción de dos diques de tierra.

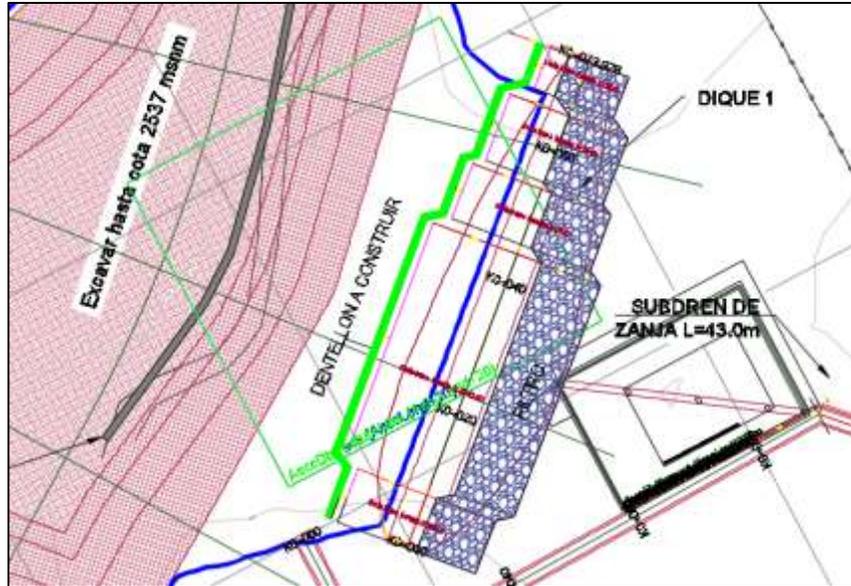


Ilustración 51. Dibujo en planta Dique 1 - Embalse Málaga



Ilustración 52. Dibujo en Planta Dique 2 - Embalse Málaga

En este caso, mi función consistió en dibujar, arreglar y ordenar los planos para la construcción de los diques planteados, así como perfiles, secciones transversales, detalles constructivos etc. Y sacar las respectivas cantidades para cada uno.

El dique 1, está diseñado para construirse en 14 capas de 0.5 m, cada una recubierta por Geotextil tejido TR 3000 como se muestra a continuación:

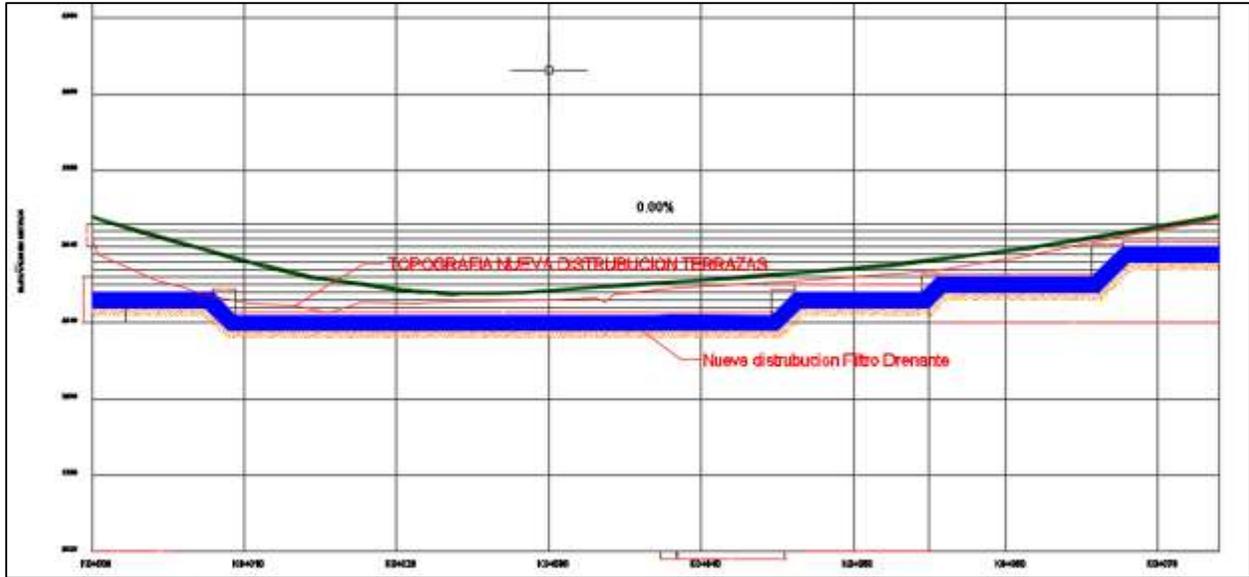


Ilustración 53. Perfil Dique 1 - Embalse Málaga

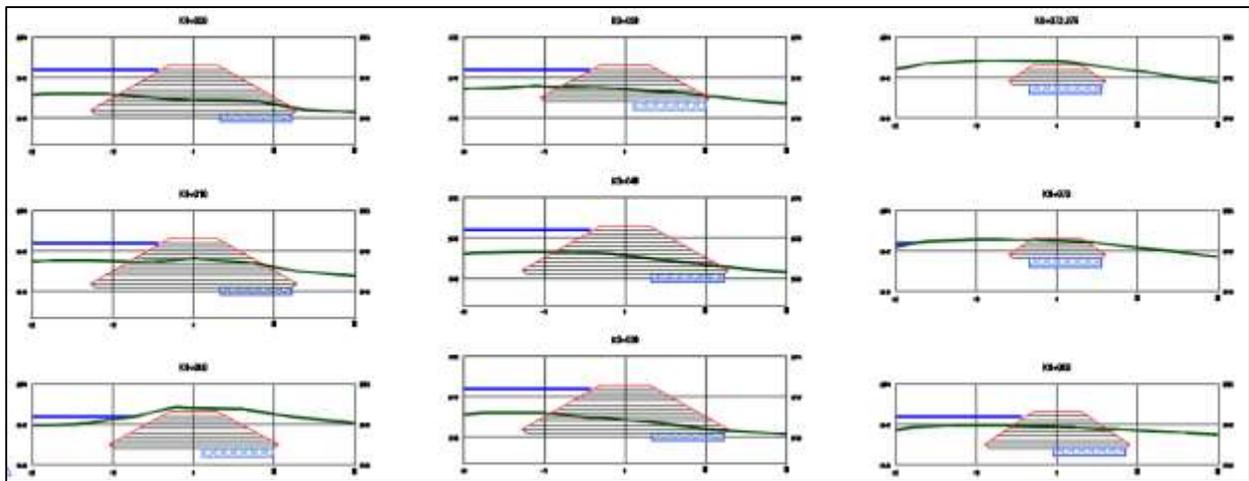


Ilustración 54. Secciones Transversales Dique 1 - Embalse Málaga

RESUMEN DE CANTIDADES DIQUE 1	
Geotextil Tejido TR 3000	11058.75 m <sup>2</sup>
Geotextil No Tejido	1619.84 m <sup>2</sup>
Material Para filtro	691.20 m <sup>3</sup>

Tabla 55. Tabla de cantidades Dique 1 - Embalse Málaga

En el caso del Dique 2, se plantea construir con 5 capas, con espesor de 0.5 m, de material compactado y cubierto con Geotextil TR 3000.

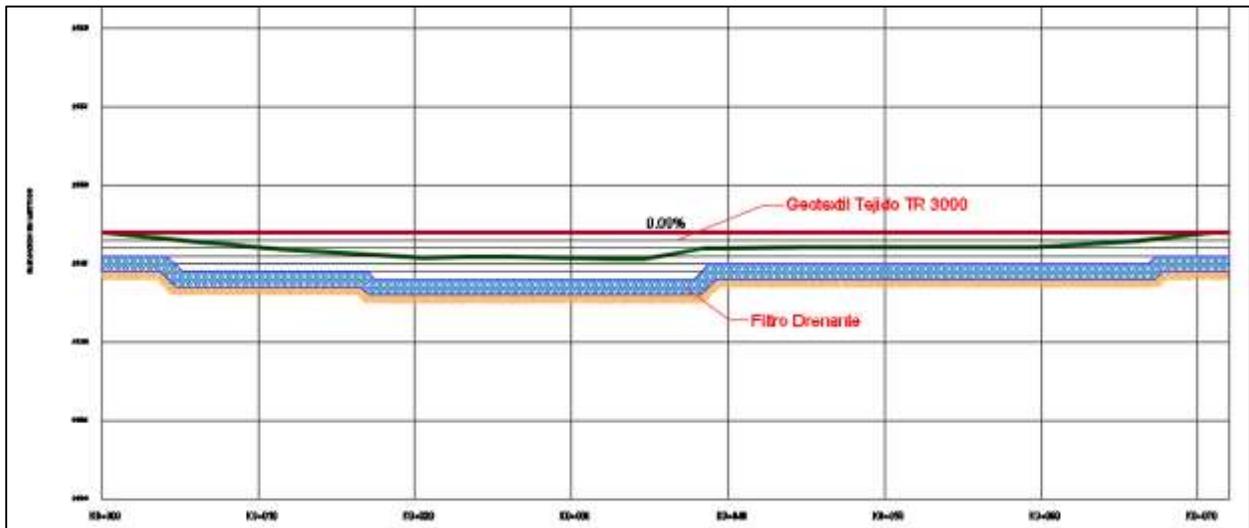


Ilustración 55. Perfil del Dique 2 - Embalse Málaga

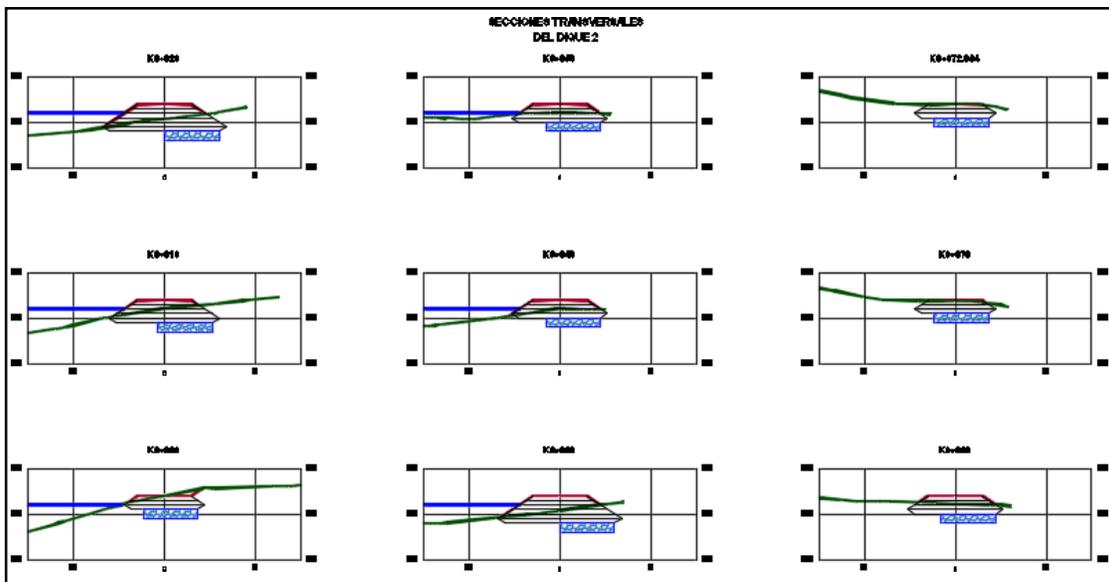


Ilustración 56. Secciones transversales Dique 2 - Embalse Málaga

RESUMEN DE CANTIDADES DIQUE 2	
Geotextil Tejido TR 3000	3713.20 m2
Geotextil No Tejido	1095.00 m2
Material Para filtro	438.00 m3

*Tabla 56. Tabla de Cantidades Dique 2 - Embalse Málaga*

### **6.3.2.5. OBRAS PARA GARANTIZAR LA ESTABILIDAD DE LA EXCAVACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN COMPLEJO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR “SAN AGUSTÍN” DE LA CONSTRUCTORA GONZALES BOHORQUEZ.**

El proyecto está ubicado en la ciudad de Bucaramanga en la Carrera 19 #7-11, barrio Comuneros. Para este, se plantea la construcción de un edificio de vivienda de 12 pisos desde el nivel cero y tres sótanos de parqueadero para los cuales se requiere excavar aproximadamente 8.25 m.

A partir de lo anterior, la constructora Gonzales Bohórquez solicitó un diseño de obras de contención para garantizar la estabilidad de la excavación. En este caso mi función consistió en, a partir de los planos arquitectónicos y estructurales suministrados por el cliente, dibujar desde cero los planos de construcción, atendiendo a las indicaciones del ingeniero geotecnista en cuanto al diseño. Se contemplaron soluciones diferentes a cada costado de la excavación, dependiendo de las cargas a las que se encuentran sometidos.

Inicialmente, procedí a realizar el dibujo de las alzadas, a partir de los cortes y plantas

estructurales suministrados, posteriormente comencé con el dibujo a detalle de las obras de contención planteadas, tanto en alzada como en planta y perfil.

Para la pantalla Sur, la cual colinda con viviendas de 1 piso, se propone realizar un corte en talud h: 4.5 m y b: 3.5 m en piso superior y en la parte inferior, una línea de 9 anclajes de 40 ton cada 4 metros con dado de 0.9X0.9m y una parte en la que se utilizarán 3 filas de 2 anclajes de 40 ton. Adicionalmente, hacia este costado se plantea dejar la rampa de acceso de volquetas tal y como se presenta a continuación:

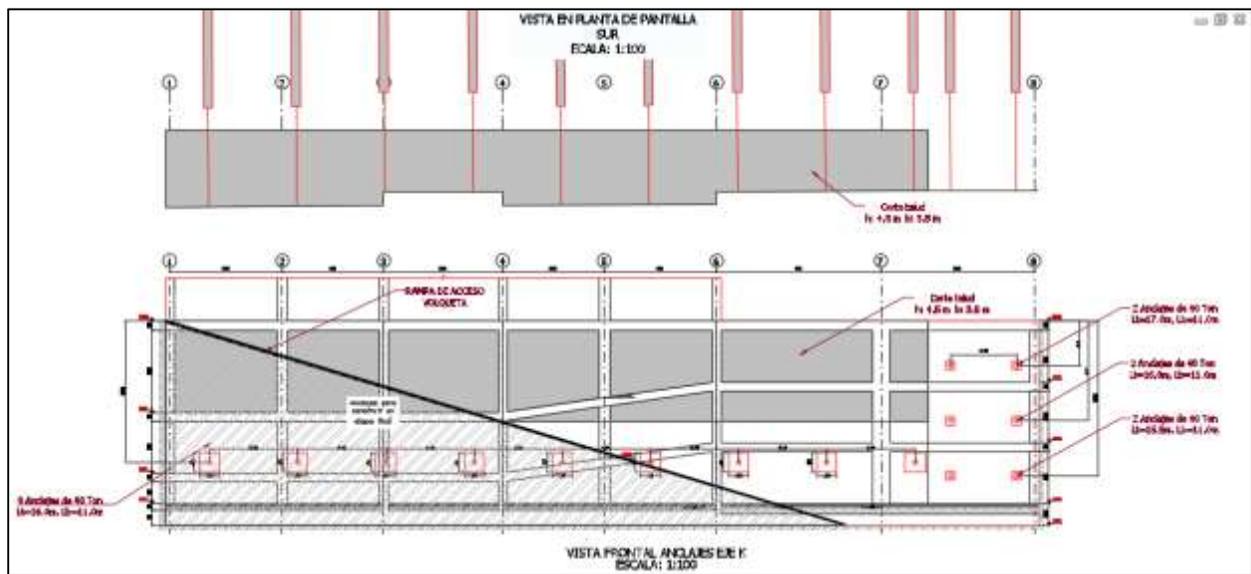


Ilustración 57. Vista en alzada y planta de Pantalla Sur - Proyecto San Agustín

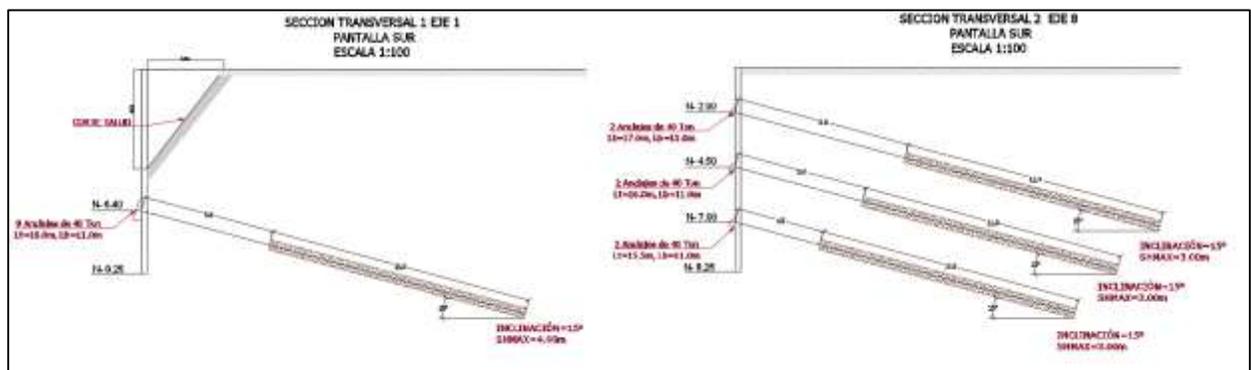


Ilustración 58. Secciones Transversales Pantalla Sur - Proyecto San Agustín



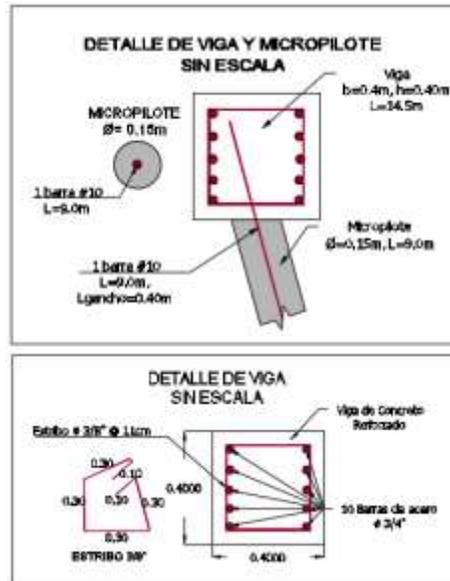


Ilustración 61. Detalle de viga y micropilotes - Proyecto San Agustín

Por otra parte, para los costados oriental y occidental se planteó usar tres filas de anclajes de 40 ton cada 3 metros. Sin embargo, en la pantalla que colinda con la carrera 19, se especifica que hay una parte de la pantalla que se construirá en un momento diferente ya que en esa sección se planteó la construcción de la rampa provisional para volquetas.

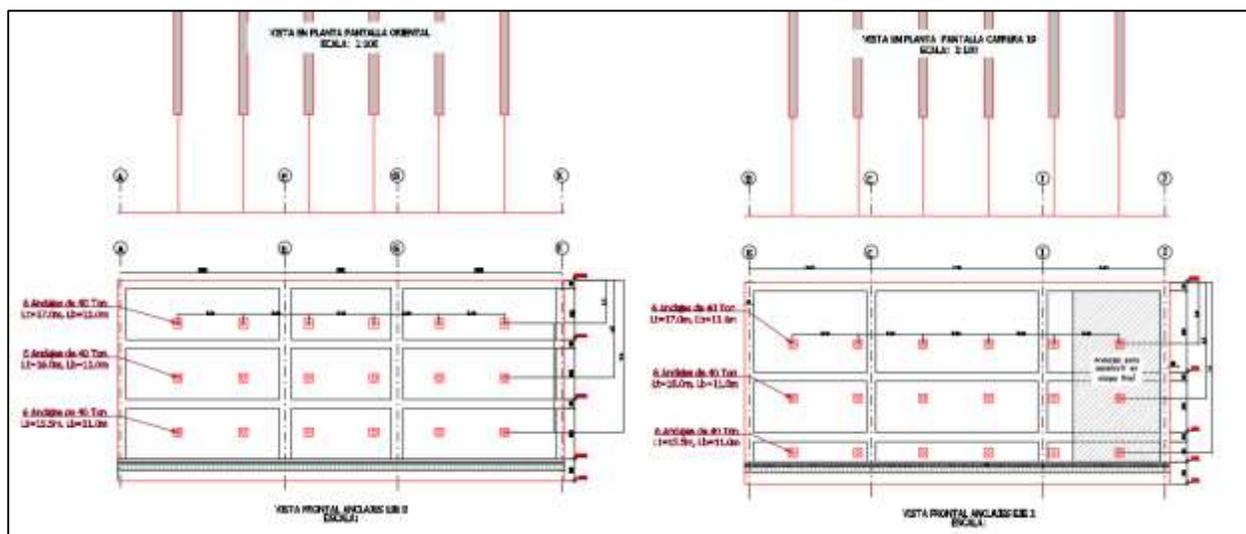


Ilustración 62. Vista en alzada y planta de Pantallas Oriental y Occidental - Proyecto San Agustín



<b>ANCLAJES</b>					
<b>PANTALLA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>TOTAL ANCLAJES</b>
<b>LONGITUD DE ANCLAJES</b>	<b>UND</b>	<b>UND</b>	<b>UND</b>	<b>UND</b>	<b>UND</b>
<b>17.0 m</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>22</b>
<b>16.0 m</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>35</b>
<b>15.5 m</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>26</b>
<b>TOTAL</b>		<b>1337 m</b>			
<b>Cantidad de Dados 0.90x0.90 m</b>		<b>17</b>			

*Tabla 57. Tabla de cantidades 1 - Proyecto San Agustín*

<b>PILOTES</b>	
<b>LONGITUD</b>	<b>9 m</b>
<b>CANTIDAD</b>	<b>14</b>
<b>TOTAL</b>	<b>126 m</b>

*Tabla 58. Tabla de cantidades 2 - Proyecto San Agustín*

## **7. APOORTE AL CONOCIMIENTO**

Durante mi práctica en Construsuelos de Colombia S.A.S, pude evidenciar que es una empresa muy bien estructurada y completa, que tiene sus procesos bien definidos. Mi aporte en este caso, consiste en una optimización de un proceso ya establecido.

En el desarrollo de mi trabajo, una de las tareas que tenía asignada era el procesamiento del ensayo de consolidación unidimensional, cuyo proceso era realizado mediante una hoja de Excel programada, y posteriormente los resultados eran plasmados en un documento Word por medio de pantallazos, para entrega final del cliente.

A partir de esto, mi trabajo consistió en la creación de una nueva hoja de Excel programada, que en primer lugar implicara menos pasos para ser manejada, es decir,

fuera más sencilla de utilizar, incluyera más información del ensayo que el formato original y adicionalmente eliminara por completo la necesidad de pasar los resultados a un documento diferente, y, al contrario, cuando se termine de realizar los respectivos cálculos quede completamente organizada para exportar a PDF o imprimir, sin ningún paso adicional. El nuevo formato creado puede revisarse en el Anexo 3.

Por otra parte, a manera de complemento del trabajo realizado, diseñé una guía para el procesamiento de ensayo de consolidación utilizando la nueva hoja de Excel, la cual podrá ser utilizada sin complicaciones por otra persona que en determinado momento se le asigne esta tarea. La guía se presenta a continuación:

### 7.1. GUÍA PARA EL PROCESAMIENTO DE ENSAYOS DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL – CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S

- Paso 1: Inicialmente, en la parte superior del formato ingresar la información del proyecto junto los datos de entrada iniciales del ensayo, los cuales se encuentran señalados a continuación:

 <b>CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.</b> <b>NIT.804,015,242-8</b>		FECHA:					
		CODIGO:					
		REVISION:					
<b>ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL</b> <b>INV E-151-13 / ASTM 2435-96</b>							
PROYECTO		FECHA					
UBICACIÓN		CLIENTE					
SONDEO		MUESTRA	PROFUNDIDAD				
<b>DATOS DEL ENSAYO</b>							
Peso volumétrico	1,7	ton/m <sup>3</sup>	Est. efectiva	5,4	ton/m <sup>2</sup>	Dímetro	5,00 cm
Prof	2	m	OCR	4		Área	0,00 m <sup>2</sup>
			Est. Preconsolidación	13,6	ton/m <sup>2</sup>		

Ilustración 65. Paso 1 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación

- Paso 2: A continuación, proceda a ingresar los datos del proceso de Carga, Descarga y Recarga obtenidos en el laboratorio, junto con la información de la muestra. Procure modificar los valores de la carga real utilizados en el ensayo, señalados en rojo a continuación.

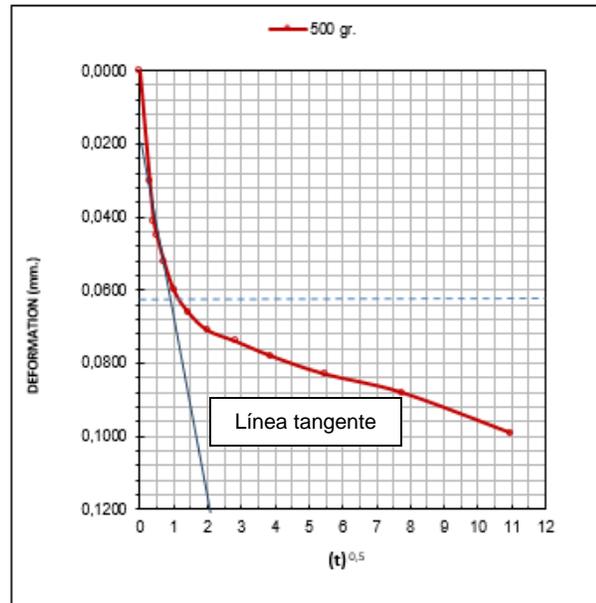
		PROCESO DE CARGA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Carga teorica (Kg)		5,34	8,90	13,35	26,70	40,06	53,41	80,11	133,52
Carga brazo (e)		534.07	890.12	1335.18	2670.35	4005.53	5340.71	8011.06	13351.77
Carga real (g)		500	1000	1500	2500	4000	5500	8000	13000
t minutos	t segundos								
0	0 seg	13,623	13,524	13,089	12,661	12,182	11,268	10,978	10,319
0,1	5 seg	13,593	13,175	12,750	12,285	11,392	11,072	10,536	9,800
0,2	10 seg	13,582	13,157	12,737	12,270	11,372	11,050	10,489	9,747
0,3	15 seg	13,578	13,152	12,733	12,261	11,361	11,049	10,472	9,714
0,5	30 seg	13,571	13,143	12,724	12,249	11,343	11,036	10,455	9,681
1,0	1 min	13,563	13,135	12,717	12,235	11,329	11,023	10,435	9,651
2,0	2 min	13,557	13,129	12,708	12,222	11,323	11,018	10,422	9,624
4,0	4 min	13,552	13,122	12,696	12,217	11,309	11,012	10,407	9,593
8,0	8 min	13,549	13,116	12,694	12,210	11,303	11,004	10,397	9,569
15,0	15 min	13,545	13,111	12,686	12,202	11,296	10,996	10,381	9,549
30,0	30 min	13,540	13,104	12,678	12,195	11,288	10,991	10,368	9,531
60,0	60 min	13,535	13,097	12,670	12,188	11,283	10,983	10,351	9,516
120,0	2 horas	13,524	13,089	12,661	12,182	11,268	10,978	10,319	9,454
180,0	3 horas								
240	4 horas								
480	8 horas								
1440	24 horas								

		PROCESO DE DESCARGA				PROCESO DE RECARGA					
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	6
Carga teorica (Kg)		133,52	80,11	53,41	40,06	40,06	53,41	80,11	133,52	160,22	186,92
Carga brazo (e)		13351.77	8011.06	5340.71	4005.53	4005.53	5340.71	8011.06	13351.77	16022.12	18692.48
Carga real (g)		13000	8000	5500	4000	4000	5500	8000	13000	16000	18500
t minutos	t segundos										
0	0 seg	9,454	9,491	9,532	9,636	9,719	9,690	9,652	9,578	9,452	8,919
0,1	5 seg	9,460	9,527	9,600	9,691	9,695	9,659	9,592	9,486	9,173	8,600
0,2	10 seg	9,469	9,528	9,614	9,693	9,695	9,657	9,591	9,484	9,134	8,570
0,3	15 seg	9,468	9,528	9,617	9,695	9,695	9,657	9,590	9,483	9,112	8,520
0,5	30 seg	9,488	9,529	9,620	9,699	9,694	9,657	9,589	9,480	9,080	8,472
1,0	1 min	9,489	9,529	9,622	9,701	9,694	9,654	9,586	9,476	9,078	8,434
2,0	2 min	9,489	9,530	9,624	9,703	9,693	9,654	9,585	9,474	9,025	8,406
4,0	4 min	9,489	9,530	9,626	9,706	9,693	9,654	9,585	9,471	9,009	8,381
8,0	8 min	9,490	9,531	9,628	9,708	9,692	9,654	9,584	9,469	8,989	8,364
15,0	15 min	9,490	9,531	9,630	9,711	9,692	9,653	9,583	9,467	8,970	8,346
30,0	30 min	9,491	9,531	9,631	9,714	9,692	9,653	9,582	9,465	8,955	8,327
60,0	60 min	9,491	9,532	9,633	9,717	9,691	9,652	9,580	9,458	8,934	8,305
120,0	2 horas	9,491	9,532	9,636	9,719	9,690	9,652	9,578	9,452	8,919	8,260
180,0	3 horas										
240	4 horas										
480	8 horas										
1440	24 horas										

Peso del anillo	119,10 g
Peso de muestra antes del ensayo + anillo+papel	196,30 g
Peso de muestra despues del ensayo + anillo+papel	190,60 g
Peso de muestra seca al horno (110°C 24 horas) + anillo + tara	212,60 g
Peso de tara para secado	38,90 g

Ilustración 66. Paso 2 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación

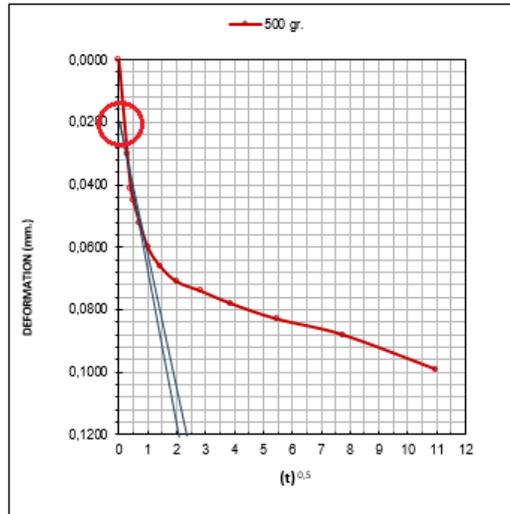
- Paso 3: Posteriormente, revisar y ajustar los ejes de las gráficas Deformación Vs  $t^{0.5}$  (Tanto carga como recarga), de tal modo que se logre visualizar bien la curva.
- Paso 4: Trazar una línea tangente a los puntos iniciales de la curva y extenderla hasta que toque ambos ejes.



$d_0$ (mm.) =	0,02000	$H_{t_0}$ (mm) =	20,00
$d_{50}$ (mm) =	0,06200	$d_{50}$ (mm) =	0,04333
$d_{100}$ (mm) =	0,06667	$H_{d50}$ cm. =	1,00
$t_{50}$ seg =	93,75	$C_v$ cm <sup>2</sup> /seg =	9,01E-03
$(t_{50})^2$ seg =	8789,06		

Ilustración 67. Paso 4 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación

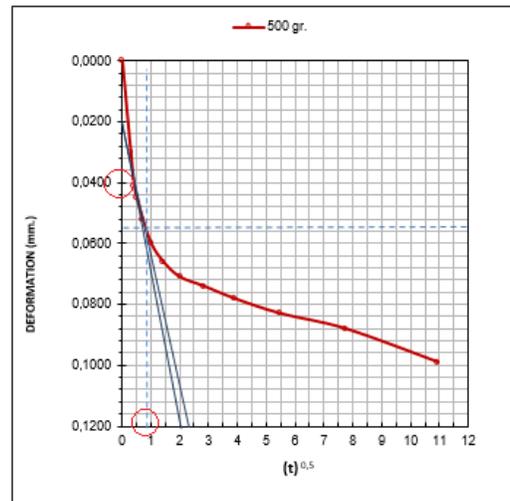
- Paso 5: A continuación, trazar una línea que vaya desde 1.15 veces el valor de  $t^{0.5}$  en el que haya cortado la línea anterior, hasta el mismo punto en el que cortó el eje de deformación, este último corresponde al valor de  $d_0$ .



$d_0$ (mm.) = 0,02000	$H_{t_{90}}$ (mm) = 20,00
$d_{90}$ (mm) = 0,06200	$d_{50}$ (mm) = 0,04333
$d_{100}$ (mm) = 0,06667	$H_{d50}$ cm. = 1,00
$t_{90}$ seg = 93,75	$C_v$ cm <sup>2</sup> /seg = 9,01E-03
$(t_{90})^2$ seg = 8789,06	

Ilustración 68. Paso 5 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación

- Paso 6: Con ayuda de dos líneas guía leer el punto en ambos ejes en el cual la segunda línea corta la gráfica. El valor leído sobre el eje “x” corresponde al  $d_{90}$  y el leído sobre el eje “y” corresponde  $(t_{90})^{0.5}$ .



$d_0$ (mm.) = 0,02000	$H_{t_{90}}$ (mm) = 20,00
$d_{90}$ (mm) = 0,05400	$d_{50}$ (mm) = 0,03889
$d_{100}$ (mm) = 0,05778	$H_{d50}$ cm. = 1,00
$t_{90}$ seg = $(0,82)^2 \cdot 60$	$C_v$ cm <sup>2</sup> /seg = 2,20E-02
$(t_{90})^2$ seg = 1474,56	

Ilustración 69. Paso 6 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación

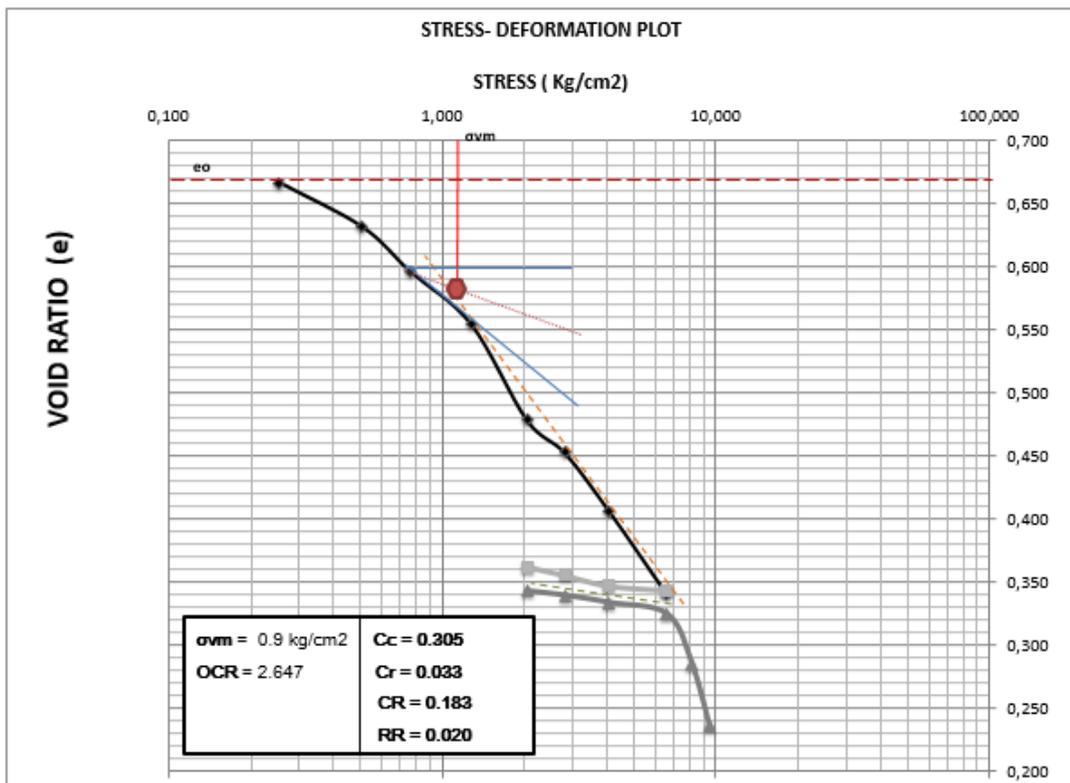
- Paso 7: Repetir pasos del 4 al 6 con cada una de las gráficas.
- Paso 8: Con ayuda de la hoja programada para el ensayo de gravedad específica, calcular el respectivo valor.
- Paso 9: A continuación, en la sección de resultados del ensayo, modificar valor de la gravedad específica.

<b>Specific Gravity</b>	Gs	2,63	Wi	24,92 %
<b>Initial Wet soil weight</b>	Whi	77,20 gr.		
<b>Final Wet soil weight</b>	Whf	71,50 gr.		
<b>Dry soil weight</b>	Ws	61,80 gr.		
<b>Initial Water weight</b>	Wwi	15,40 gr.		
<b>Final Water weight</b>	Wwf	9,70 gr.		
<b>Water Volume</b>	Vw	15,40 cm <sup>3</sup>	Wf	15,70 %
		61,80		
Volume of Solids	$V_s = W_s / G_s =$	$\frac{61,80}{2,63}$	23,50	cm <sup>3</sup>
Total Volume	Vt		39,27	cm <sup>3</sup>
Pore Volume	Vp		15,77	cm <sup>3</sup>
		15,772		
Void Ratio	e <sub>v</sub>	$\frac{15,772}{23,498}$	0,671	
		15,400		
Initial Saturation	S	$\frac{15,400}{15,772}$	97,64	%
		23,498		
Solid Height	Hs	$\frac{23,498}{19,635}$	1,20	cm. 11,97 mm
		15,772		
Pore Height	Hp	$\frac{15,772}{19,635}$	0,80	cm. 8,03 mm
		19,635	2,00	cm. 20,00 mm

*Ilustración 70. Paso 9 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación*

- Paso 10: Ahora, en la gráfica Esfuerzo vs Relación de Vacíos trazar una línea horizontal sobre la curva de “Carga” desde el punto en el cual se perciba la mayor curvatura, así mismo trazar una línea tangente a dicha curva desde el mismo punto.

- Paso 11: Trazar una bisectriz entre las dos líneas trazadas.
- Paso 12: A continuación, trazar una segunda línea tangente a la curva de “Carga”, pero esta vez teniendo en cuenta los puntos finales de la misma, es decir, de abajo hacia arriba.
- Paso 13: Ubicar un punto en la intersección entre la bisectriz obtenida en el paso 11 y la línea tangente dibujada en el paso 12, y realizar la lectura sobre el eje “x” el cual corresponde al valor del esfuerzo  $\sigma_{vm}$ .
- Paso 14: Ahora, dibuje una línea paralela a la curva de “Descarga”



*Ilustración 71. Paso 10 – 14 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación*

- Paso 15: Para obtener el valor del OCR, hacia la parte derecha de la hoja programada y fuera del área de impresión, remplazar el valor de  $\sigma_{vm}$  y gama del suelo en la siguiente tabla.

GVO	0,340	kg-cm2
PROF	2,000	m
GAMA	1,7	ton-m3
OCR	2,647	
GVM	0,900	kg-cm2

Ilustración 72. Paso 15 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación

- Paso 16: A continuación, para obtener los valores de Cr, Cc, CR y RR, encontrar la pendiente de la línea tangente a la curva de “Carga” (Para Cc y CR) y la línea paralela a curva de “Descarga” (Para Cr y RR), con ayuda de la siguiente tabla.

Cc	0,305	CR	0,305
Stress inicial	3		
Stress final	8		
einicial	0,630		
efinal	0,500		
Cr	0,033	RR	0,033
Stress inicial	3,000		
Stress final	6,000		
einicial	0,490		
efinal	0,480		

Ilustración 73. Paso 16 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación

- Paso 17: Finalmente remplazar los valores obtenidos en la tabla resumen sobre la gráfica de esfuerzo vs relación de vacíos.

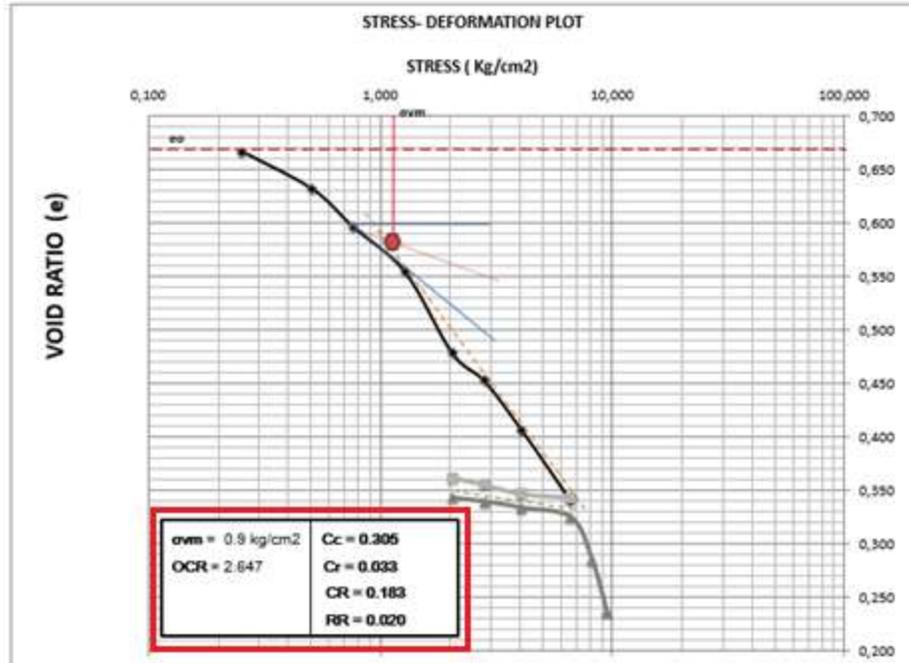


Ilustración 74. Paso 17 - Guía para el procesamiento de ensayos de Consolidación

- Paso 18: Realizar una última revisión general y exportar a PDF.

## 8. CONCLUSIONES

- Los objetivos planteados inicialmente fueron cumplidos satisfactoriamente, teniendo en cuenta que el desarrollo de la práctica involucró el procesamiento de ensayos de laboratorio, elaboración de informes de estudios de suelos y dibujo y manejo de planos, así como el cálculo de cantidades de obra.
- Se dio cumplimiento de forma asertiva a las actividades asignadas por la empresa Construsuelos de Colombia S.A.S, teniendo en cuenta los lineamientos y metodología plasmados inicialmente en el plan de trabajo.
- El uso de Software de ingeniería como AutoCAD, AutoCAD Civil 3D, Settle 3D, Slide, GeoStudio, entre otros, fue un factor importante en el desarrollo de la práctica empresarial, teniendo en cuenta sus múltiples funciones, que complementan y facilitan el trabajo del ingeniero, dejando un valioso aporte dentro de mi formación profesional.
- Desarrollar la práctica empresarial en el área de geotecnia, me permitió aprender y formarme en diferentes aspectos, desde procedimientos para la realización de estudios de suelos, ensayos de laboratorio, y su importancia dentro de los proyectos de ingeniería en general, como en el área de diseño, de obras geotécnicas, cálculo de cantidades, formulación de proyectos, interpretación de planos y análisis de estabilidad.

- Los ensayos de laboratorio son la base para realizar un estudio de suelos acertado y completo, por tanto, se debe procurar ser muy cuidadoso tanto en la ejecución como en el procesamiento de los mismos, para obtener resultados confiables.
- Durante la formulación de un proyecto de ingeniería, es indispensable el cálculo de cantidades de obra que se ajusten en gran medida a la realidad, ya que de esto puede depender tanto el resultado y calidad del proyecto, como la utilidad que se pueda obtener de él; por tanto, a la hora de hallar dichas cantidades se debe procurar ser meticuloso y detallado, y tener conocimiento sobre el manejo de planos y el sistema constructivo de la obra en cuestión.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Bowles, J. E. (1981). *ENGINEERING PROPERTIES OF SOILS AND THEIR MEASUREMENTS* . McGRAW-HILL BOOK.

Díaz, J. S. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Bucaramanga, Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda.

PATZÁN, J. E. (2009). GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES, LOSAS DE CIMENTACIÓN, PILOTES Y PILAS PERFORADAS. *Universidad de San Carlos de Guatemala*.

Poliotti, M y Sierra, A (s.f.). *Geología y Geotecnia*. *Universidad Nacional de Rosario*.

10. ANEXOS

**Anexo 1. EJEMPLO DE FORMATO PARA ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS – EMPRESA CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.**

	<b>CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.</b> NIT. 804,015,242-8	FECHA: 30/05/2018 CÓDIGO: PP05-30-31-32-33-R2 REVISIÓN: 3			
<b>ENSAYO DE GRANULOMETRÍA - LÍMITES DE ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD</b> Normas INV E. 122, 123, 126, 128 / 2018 - NTC 77 - ASTM D421-68 y D422-63 - AASHTO T88					
PROYECTO	ESTUDIO GEOTÉCNICO COMPLEMENTARIO PROYECTO SAN FRANCISCO TOWER - BUCARAMANGA	CLIENTE	DELTA INGENIERIA S.A.		
SITIO	BUCARAMANGA - SANTANDER	FECHA	JULIO DE 2019		
COORDENADAS		LABORATORISTA	ALBERTO RIVERA		
SONDEO	1	MUESTRA(S)	10		
		PROP.	4,26 - 5,55 m		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD INV. E - 122</b>					
MUESTRA	18				
W. TARA + S.H.	40,50				
W. TARA + S.S.	78,50				
W. TARA	8,40				
PESO AGUA	14,10				
PESO SUELO SECO	88,10				
HUMEDAD NATURAL (%)	20,70				
<b>ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (GRADACIÓN) INV. E - 123</b>					
TAMIZ	No.	(mm)	Retenido (gr)	(%) Retenido	(%) Pasa
75	2"	78,10	0,00	0,00%	100,00%
75	2 1/2"	84,00	0,00	0,00%	100,00%
75	2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
75	1 1/2"	38,10	89,00	6,90%	93,10%
75	1"	25,40	22,40	2,34%	90,66%
75	3/4"	19,00	0,00	0,00%	90,66%
75	1/2"	12,70	0,00	0,00%	90,66%
75	3/8"	9,51	2,30	0,23%	90,63%
75	1/4"	6,35	0,00	0,00%	90,63%
75	4"	4,75	10,30	1,03%	89,60%
75	10"	2,00	16,30	1,62%	87,98%
75	12"	1,68	0,00	0,00%	87,98%
75	18"	1,19	0,00	0,00%	87,98%
75	30"	0,85	0,00	0,00%	87,98%
75	40"	0,42	157,50	15,70%	72,28%
75	50"	0,30	0,00	0,00%	72,28%
75	60"	0,18	0,00	0,00%	72,28%
75	75"	0,15	124,30	12,43%	59,85%
75	200"	0,07	154,50	15,45%	43,83%
75	Pasa 200"		436,20	43,82%	-0,22%
75	Total		1002,30		
Tara No.	114	342	140	44	
W. TARA + S.H.	30,10	31,70	32,40	32,80	
W. TARA + S.S.	26,60	28,00	28,30	28,40	
W. TARA	5,10	5,70	5,10	5,30	
W. AGUA	5,50	5,70	5,30	5,40	
W. SUELO SECO	17,50	17,30	18,00	18,10	
(%) HUMEDAD	31,43	32,95	34,26	35,36	
No. GOLPES	27	26	22	14	
Tara No.	49	206			
W. TARA + S.H.	17,30	17,50			
W. TARA + S.S.	15,40	15,50			
W. TARA	8,50	8,30			
W. AGUA	1,90	2,00			
W. SUELO SECO	8,00	7,20			
(%) HUMEDAD	27,54	27,78			
Límite líquido	33	Índice de grupo	0		
Límite plástico	26	A.A.S.H.T.O	A - 4		
Índice plástico	6	U.S.C.	SM		

**Anexo 2. EJEMPLO DE FORMATO PARA ENSAYOS DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS – EMPRESA CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.**

	<b>CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.</b> <b>NIT.804,015,242-8</b>	FECHA: 30/05/2018 CODIGO: PPRE-02-R18 REVISION: 3	
<b>ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS</b>  <b>ASTM D - 854</b>			
<b>PROYECTO :</b>	EJECUCIÓN ESTUDIOS GEOTÉCNICOS EN LOTES Y SUBESTACIONES PROPIEDAD DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P. (ESSA) - OIBA		
<b>CLIENTE :</b>	ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P. (ESSA).		
<b>No DE LA MUI :</b>	SONDE03 - MUESTRA 7		
<b>PROFUNDIDAD :</b>	2.75 - 3.35		
<b>LABORATORIO :</b>	ROBINSON OCHOA		
<b>FECHA :</b>	29 JULIO DE 2019		
<b>DATOS DEL ENSAYO</b>			
<b><math>V_v</math></b>	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	- <u>192,80</u>	gr
<b><math>V_{Lw}</math></b>	Peso del frasco + agua destilada	- <u>690,70</u>	gr
<b><math>V_{Lws}</math></b>	Peso de la muestra seca + tara	- <u>59,90</u>	gr
<b>Recipiente</b>	Peso del recipiente	- <u>9,90</u>	gr
<b><math>V_s</math></b>	Peso de la muestra seca	- <u>50,00</u>	gr
<b><math>V_{Lws}</math></b>	Peso del frasco + agua + muestra	- <u>720,30</u>	gr
<b>T</b>	Temperatura	- <u>25,30</u>	°C
<b>K</b>	Factor de corrección por temperatura	- <u>0,9986</u>	
$G_s = \frac{K \cdot V_s}{V_{Lw} + V_s - V_{Lws}}$		-	2,45

***Anexo 3. NUEVO FORMATO DISEÑADO PARA EL PROCESAMIENTO  
DE ENSAYOS DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL –  
CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S***



**CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.**  
**NIT.804,015,242-8**

FECHA:

CODIGO:

REVISION:

**ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL**

**INV E-151-13 / ASTM 2435-96**

PROYECTO		FECHA	
UBICACIÓN		CLIENTE	
SONDEO		MUESTRA	PROFUNDIDAD

**DATOS DEL ENSAYO**

Peso volumétrico	1,7	ton/m3	Esf. efectivo	3,4	ton/m2	Diámetro	5,00 cm
Prof	2	m	OCR	4		Área	0,00 m2
			Esf. Preconsolidación	13,6	ton/m2		

**PROCESO DE CARGA**

		1	2	3	4	5	6	7	8
Carga teorica (Kg)		5,34	8,90	13,35	26,70	40,06	53,41	80,11	133,52
Carga brazo (g)		534,07	890,12	1335,18	2670,35	4005,53	5340,71	8011,06	13351,77
Carga real (g)		500	1000	1500	2500	4000	5500	8000	13000
t minutos	t segundos								
0	0 seg	13,623	13,524	13,089	12,661	12,182	11,268	10,978	10,319
0,1	5 seg	13,593	13,175	12,750	12,285	11,392	11,072	10,536	9,800
0,2	10 seg	13,582	13,157	12,737	12,270	11,372	11,050	10,489	9,747
0,3	15 seg	13,578	13,152	12,733	12,261	11,361	11,049	10,472	9,714
0,5	30 seg	13,571	13,143	12,724	12,249	11,343	11,036	10,455	9,681
1,0	1 min	13,563	13,135	12,717	12,235	11,329	11,023	10,435	9,651
2,0	2 min	13,557	13,129	12,708	12,222	11,323	11,018	10,422	9,624
4,0	4 min	13,552	13,122	12,696	12,217	11,309	11,012	10,407	9,593
8,0	8 min	13,549	13,116	12,694	12,210	11,303	11,004	10,397	9,569
15,0	15 min	13,545	13,111	12,686	12,202	11,296	10,996	10,381	9,549
30,0	30 min	13,540	13,104	12,678	12,195	11,288	10,991	10,368	9,531
60,0	60 min	13,535	13,097	12,670	12,188	11,283	10,983	10,351	9,516
120,0	2 horas	13,524	13,089	12,661	12,182	11,268	10,978	10,319	9,454
180,0	3 horas								
240	4 horas								
480	8 horas								
1440	24 horas								

**PROCESO DE DESCARGA**

**PROCESO DE RECARGA**

		1	2	3	4	1	2	3	4	5	6
Carga teorica (Kg)		133,52	80,11	53,41	40,06	40,06	53,41	80,11	133,52	160,22	186,92
Carga brazo (g)		13351,77	8011,06	5340,71	4005,53	4005,53	5340,71	8011,06	13351,77	16022,12	18692,48
Carga real (g)		13000	8000	5500	4000	4000	5500	8000	13000	16000	18500
t minutos	t segundos										
0	0 seg	9,454	9,491	9,532	9,636	9,719	9,690	9,652	9,578	9,452	8,919
0,1	5 seg	9,460	9,527	9,600	9,691	9,695	9,659	9,592	9,486	9,173	8,600
0,2	10 seg	9,469	9,528	9,614	9,693	9,695	9,657	9,591	9,484	9,134	8,570
0,3	15 seg	9,468	9,528	9,617	9,695	9,695	9,657	9,590	9,483	9,112	8,520
0,5	30 seg	9,488	9,529	9,620	9,699	9,694	9,657	9,589	9,480	9,080	8,472
1,0	1 min	9,489	9,529	9,622	9,701	9,694	9,654	9,586	9,476	9,078	8,434
2,0	2 min	9,489	9,530	9,624	9,703	9,693	9,654	9,585	9,474	9,025	8,406
4,0	4 min	9,489	9,530	9,626	9,706	9,693	9,654	9,585	9,471	9,009	8,381
8,0	8 min	9,490	9,531	9,628	9,708	9,692	9,654	9,584	9,469	8,989	8,364
15,0	15 min	9,490	9,531	9,630	9,711	9,692	9,653	9,583	9,467	8,970	8,346
30,0	30 min	9,491	9,531	9,631	9,714	9,692	9,653	9,582	9,465	8,955	8,327
60,0	60 min	9,491	9,532	9,633	9,717	9,691	9,652	9,580	9,458	8,934	8,305
120,0	2 horas	9,491	9,532	9,636	9,719	9,690	9,652	9,578	9,452	8,919	8,260
180,0	3 horas										
240	4 horas										
480	8 horas										
1440	24 horas										

Peso del anillo	119,10 g
Peso de muestra antes del ensayo + anillo+papel	196,30 g
Peso de muestra despues del ensayo + anillo+papel	190,60 g
Peso de muestra seca al horno (110°C 24 horas) + anillo + tara	212,60 g
Peso de tara para secado	38,90 g



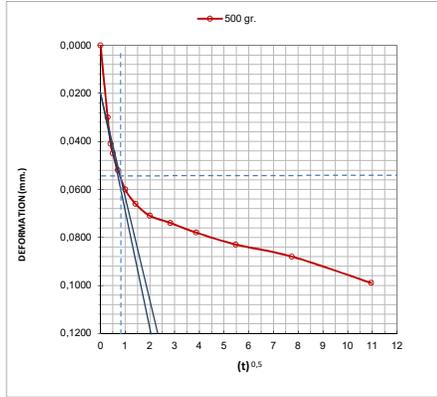
**CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.**  
**NIT.804,015,242-8**

FECHA:	
CODIGO:	
REVISION:	

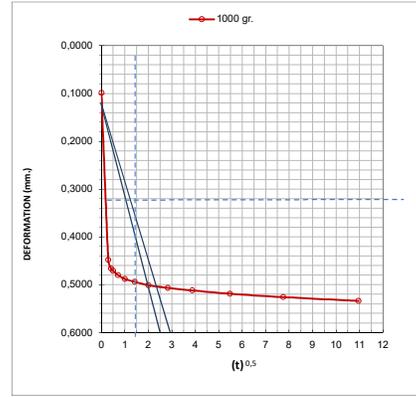
**ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL**

**INV E-151-13 / ASTM 2435-96**

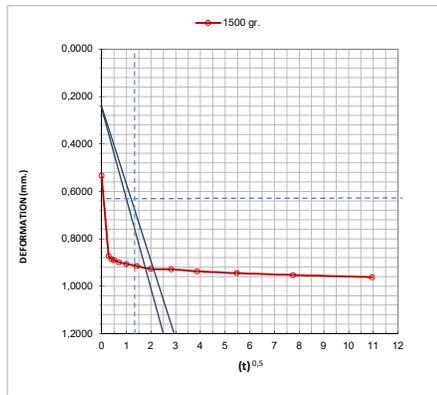
**PROCESO DE CARGA**



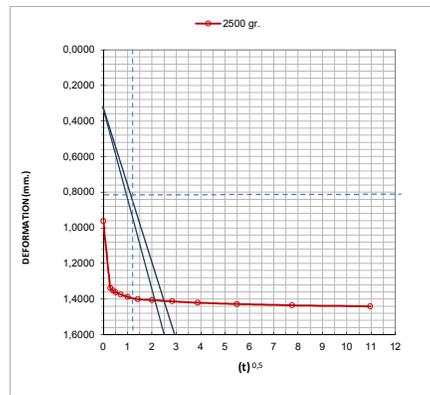
do (mm.) = 0.02000	H <sub>t<sub>0</sub></sub> (mm) = 20.00
d <sub>50</sub> (mm) = 0.05400	d <sub>50</sub> (mm) = 0.03889
d <sub>100</sub> (mm) = 0.05778	H <sub>50</sub> cm. = 1.00
t <sub>50</sub> seg = 38.40	Cv cm <sup>2</sup> /seg = 2.20E-02
(t <sub>50</sub> ) <sup>2</sup> seg = 1474.56	



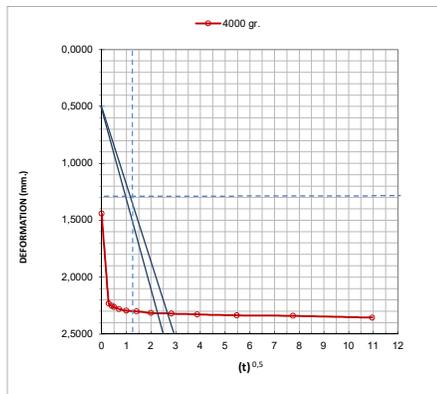
do (mm.) = 0.42000	H <sub>t<sub>0</sub></sub> (mm) = 20.00
d <sub>50</sub> (mm) = 0.47000	d <sub>50</sub> (mm) = 0.44778
d <sub>100</sub> (mm) = 0.47555556	H <sub>50</sub> cm. = 0.98
t <sub>50</sub> seg = 15.00	Cv cm <sup>2</sup> /seg = 5.40E-02
(t <sub>50</sub> ) <sup>2</sup> seg = 225.00	



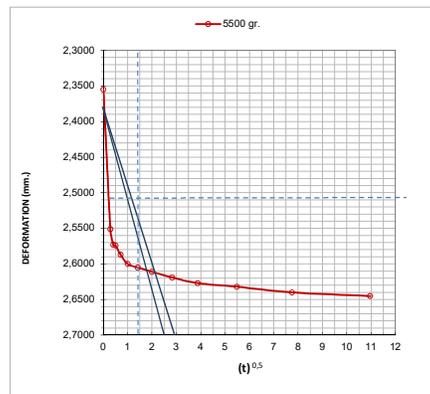
do (mm.) = 0.85000	H <sub>t<sub>0</sub></sub> (mm) = 20.00
d <sub>50</sub> (mm) = 0.89500	d <sub>50</sub> (mm) = 0.87500
d <sub>100</sub> (mm) = 0.90000	H <sub>50</sub> cm. = 0.96
t <sub>50</sub> seg = 21.60	Cv cm <sup>2</sup> /seg = 3.59E-02
(t <sub>50</sub> ) <sup>2</sup> seg = 466.56	



do (mm.) = 1.32000	H <sub>t<sub>0</sub></sub> (mm) = 20.00
d <sub>50</sub> (mm) = 1.39000	d <sub>50</sub> (mm) = 1.35889
d <sub>100</sub> (mm) = 1.39777778	H <sub>50</sub> cm. = 0.93
t <sub>50</sub> seg = 60.00	Cv cm <sup>2</sup> /seg = 1.23E-02
(t <sub>50</sub> ) <sup>2</sup> seg = 3600.00	



do (mm.) = 2.22000	H <sub>t<sub>0</sub></sub> (mm) = 20.00
d <sub>50</sub> (mm) = 2.30000	d <sub>50</sub> (mm) = 2.26444
d <sub>100</sub> (mm) = 2.30889	H <sub>50</sub> cm. = 0.89
t <sub>50</sub> seg = 60.00	Cv cm <sup>2</sup> /seg = 1.11E-02
(t <sub>50</sub> ) <sup>2</sup> seg = 3600.00	



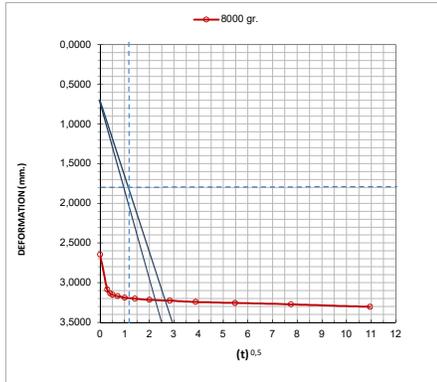
do (mm.) = 2.54000	H <sub>t<sub>0</sub></sub> (mm) = 20.00
d <sub>50</sub> (mm) = 2.61000	d <sub>50</sub> (mm) = 2.57889
d <sub>100</sub> (mm) = 2.61778	H <sub>50</sub> cm. = 0.87
t <sub>50</sub> seg = 93.75	Cv cm <sup>2</sup> /seg = 6.86E-03
(t <sub>50</sub> ) <sup>2</sup> seg = 8789.06	



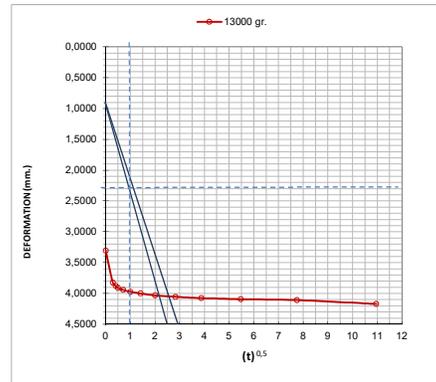
**CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.**  
**NIT.804,015,242-8**

FECHA:	
CODIGO:	
REVISION:	

**ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL**  
**INV E-151-13 / ASTM 2435-96**

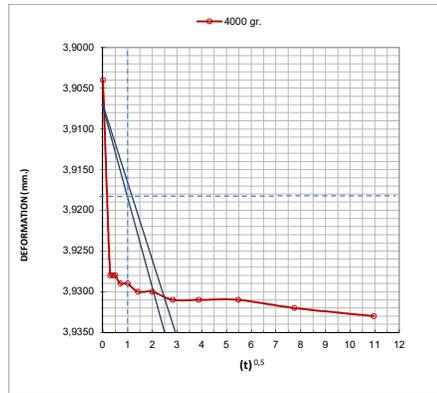


do (mm.) =	3,04000	H <sub>vc</sub> (mm) =	20,00
d <sub>50</sub> (mm) =	3,16000	d <sub>50</sub> (mm) =	3,10667
d <sub>100</sub> (mm) =	3,17333	H <sub>50</sub> cm. =	0,84
t <sub>90</sub> seg =	21,60	Cv cm <sup>2</sup> /seg =	2,80E-02
(t <sub>90</sub> ) <sup>2</sup> seg =	466,56		

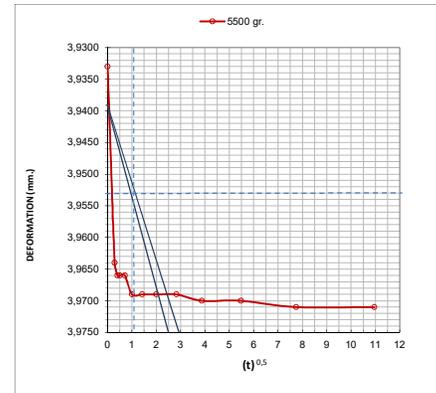


do (mm.) =	3,76000	H <sub>vc</sub> (mm) =	20,00
d <sub>50</sub> (mm) =	3,94000	d <sub>50</sub> (mm) =	3,86000
d <sub>100</sub> (mm) =	3,96000	H <sub>50</sub> cm. =	0,81
t <sub>90</sub> seg =	29,40	Cv cm <sup>2</sup> /seg =	1,88E-02
(t <sub>90</sub> ) <sup>2</sup> seg =	864,36		

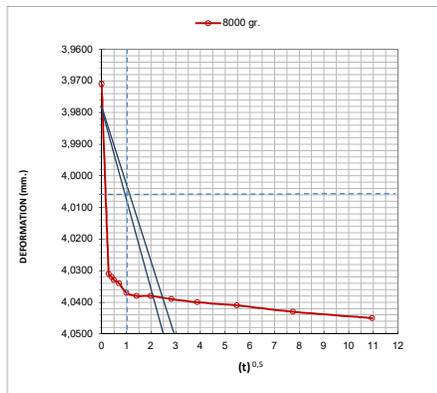
**PROCESO DE RECARGA**



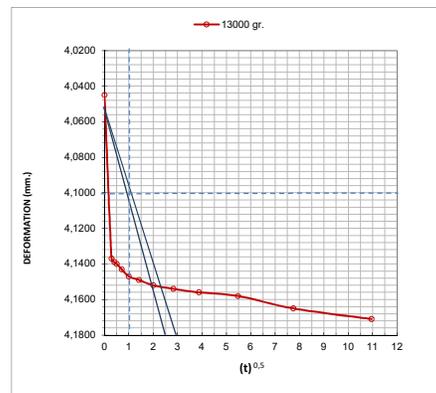
do (mm.) =	3,92700	H <sub>vc</sub> (mm) =	20,00
d <sub>50</sub> (mm) =	3,92900	d <sub>50</sub> (mm) =	3,92811
d <sub>100</sub> (mm) =	3,92922	H <sub>50</sub> cm. =	0,80
t <sub>90</sub> seg =	29,40	Cv cm <sup>2</sup> /seg =	1,86E-02
(t <sub>90</sub> ) <sup>2</sup> seg =	864,36		



do (mm.) =	3,96000	H <sub>vc</sub> (mm) =	20,00
d <sub>50</sub> (mm) =	3,96900	d <sub>50</sub> (mm) =	3,96500
d <sub>100</sub> (mm) =	3,97000	H <sub>50</sub> cm. =	0,80
t <sub>90</sub> seg =	38,40	Cv cm <sup>2</sup> /seg =	1,42E-02
(t <sub>90</sub> ) <sup>2</sup> seg =	1474,56		



do (mm.) =	4,02800	H <sub>vc</sub> (mm) =	20,00
d <sub>50</sub> (mm) =	4,03800	d <sub>50</sub> (mm) =	4,03356
d <sub>100</sub> (mm) =	4,03911	H <sub>50</sub> cm. =	0,80
t <sub>90</sub> seg =	93,75	Cv cm <sup>2</sup> /seg =	5,76E-03
(t <sub>90</sub> ) <sup>2</sup> seg =	8789,06		



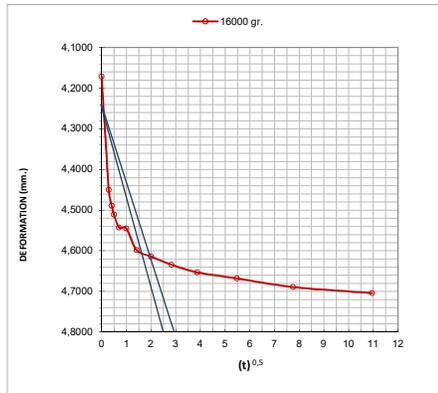
do (mm.) =	4,13500	H <sub>vc</sub> (mm) =	20,00
d <sub>50</sub> (mm) =	4,14700	d <sub>50</sub> (mm) =	4,14167
d <sub>100</sub> (mm) =	4,14833	H <sub>50</sub> cm. =	0,79
t <sub>90</sub> seg =	93,75	Cv cm <sup>2</sup> /seg =	5,69E-03
(t <sub>90</sub> ) <sup>2</sup> seg =	8789,06		



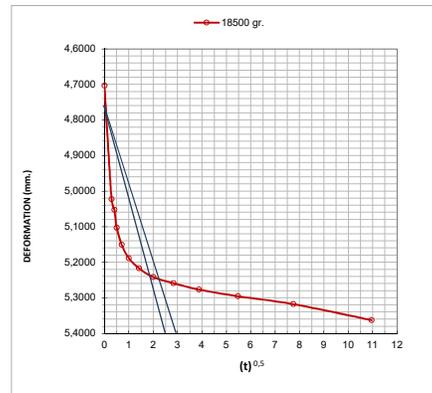
**CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.**  
**NIT.804,015,242-8**

FECHA:	
CODIGO:	
REVISION:	

**ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL**  
**INV E-151-13 / ASTM 2435-96**



do (mm.) =	4,42000	H <sub>v</sub> (mm) =	20,00
d <sub>50</sub> (mm) =	4,60500	d <sub>50</sub> (mm) =	4,52278
d <sub>100</sub> (mm) =	4,62556	H <sub>v50</sub> cm. =	0,77
t <sub>50</sub> seg =	29,40	Cv cm <sup>2</sup> /seg =	1,73E-02
(t <sub>50</sub> ) <sup>2</sup> seg =	864,36		



do (mm.) =	4,96000	H <sub>v</sub> (mm) =	20,00
d <sub>50</sub> (mm) =	5,18000	d <sub>50</sub> (mm) =	5,08222
d <sub>100</sub> (mm) =	5,20444	H <sub>v50</sub> cm. =	0,75
t <sub>50</sub> seg =	38,40	Cv cm <sup>2</sup> /seg =	1,23E-02
(t <sub>50</sub> ) <sup>2</sup> seg =	1474,56		

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

Specific Gravity	Gs	2,63	Wi	24,92 %
Initial Wet soil weight	Whi	77,20 gr.		
Final Wet soil weight	Whf	71,50 gr.		
Dry soil weight	Ws	61,80 gr.		
Initial Water weight	Wwi	15,40 gr.		
Final Water weight	Wwf	9,70 gr.		
Water Volume	Vw	15,40 cm <sup>3</sup>	Wf	15,70 %
		61,80		
Volume of Solids	Vs= Ws/Gs=	23,50	cm <sup>3</sup>	
		2,63		
Total Volume	Vt	39,27	cm <sup>3</sup>	
Pore Volume	Vp	15,77	cm <sup>3</sup>	
		15,772		
Void Ratio	e <sub>o</sub>	0,671		
		23,498		
Initial Saturation	S	97,64	%	
		15,772		
Solid Height	Hs	1,20	cm.	11,97 mm
		19,635		
Pore Height	Hp	0,80	cm.	8,03 mm
		15,772		
		19,635	2,00	cm.
				20,00 mm



**CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.**  
**NIT.804,015,242-8**

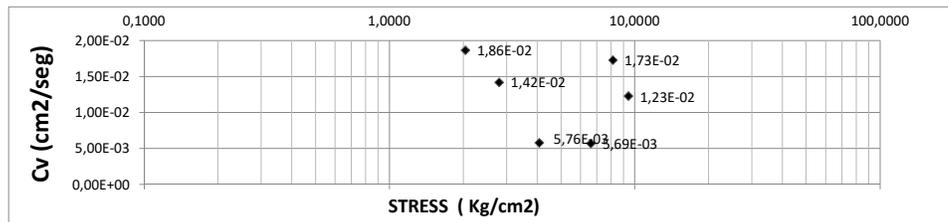
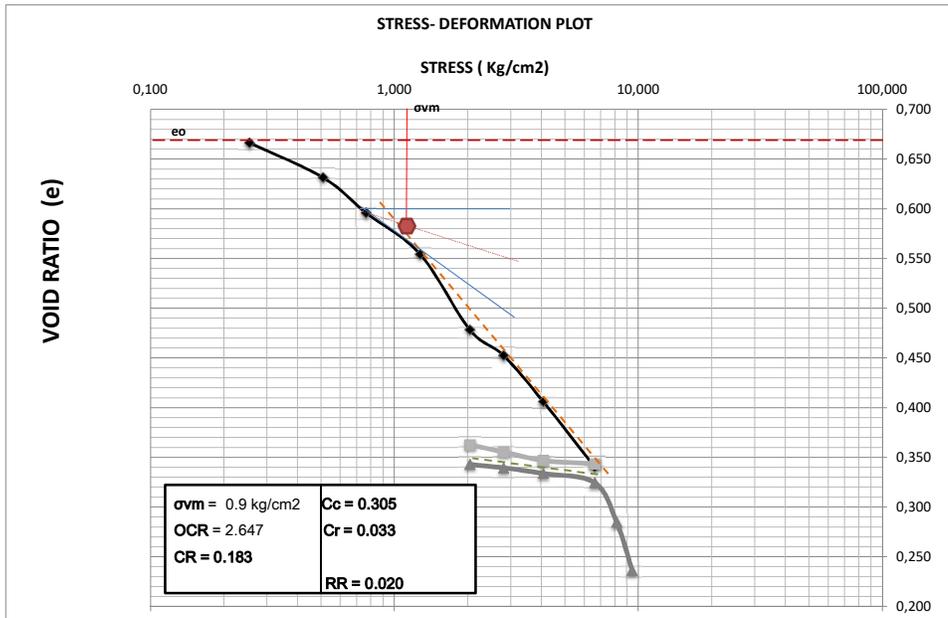
FECHA:	
CODIGO:	
REVISION:	

**ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL**  
**INV E-151-13 / ASTM 2435-96**

LOAD						UNLOAD					
Cycle	Load Kg.	Stress Kg/cm <sup>2</sup>	Reading mm.	H/Hs mm./mm.	Void Ratio e=e <sub>v</sub> - H/Hs	Cycle	Load Kg.	Stress Kg/cm <sup>2</sup>	Reading mm.	H/Hs mm./mm.	Void Ratio e=e <sub>v</sub> - H/Hs
1	5,00	0,255	0,0578	0,0048	0,666	1	130,00	6,621	3,9230	0,3278	0,343
2	10,00	0,509	0,4756	0,0397	0,631	2	80,00	4,074	3,8820	0,3244	0,347
3	15,00	0,764	0,9000	0,0752	0,596	3	55,00	2,801	3,7780	0,3157	0,356
4	25,00	1,273	1,3978	0,1168	0,554	4	40,00	2,037	3,6950	0,3088	0,362
5	40,00	2,037	2,3089	0,1929	0,478						
6	55,00	2,801	2,6178	0,2187	0,452						
7	80,00	4,074	3,1733	0,2652	0,406						
8	130,00	6,621	3,9600	0,3309	0,340						

RELOAD					
Cycle	Load Kg.	Stress Kg/cm <sup>2</sup>	Reading mm.	H/Hs mm./mm.	Void Ratio e=e <sub>v</sub> - H/Hs
1	40,00	2,037	3,9292	0,3283	0,343
2	55,00	2,801	3,9700	0,3317	0,339
3	80,00	4,074	4,0391	0,3375	0,334
4	130,00	6,621	4,1483	0,3466	0,325
5	160,00	8,149	4,6256	0,3865	0,285
6	185,00	9,422	5,2044	0,4349	0,236



FIRMA: \_\_\_\_\_



**CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.**  
**NIT.804,015,242-8**

FECHA: 30/05/2018  
CODIGO: PP06-42-R10  
REVISION: 3

**ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS**

**ASTM D - 854**

PROYECTO : \_\_\_\_\_  
CLIENTE : \_\_\_\_\_  
No DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
PROF (m) : \_\_\_\_\_  
LABORATORISTA : \_\_\_\_\_  
FECHA : \_\_\_\_\_

**DATOS DEL ENSAYO**

$W_b$	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	=	<u>192,80</u>	gr
$W_{bw}$	Peso del frasco + agua destilada	=	<u>690,70</u>	gr
$W_{s+tara}$	Peso de la muestra seca + tara	=	<u>59,90</u>	gr
Recipiente	Peso del recipiente	=	<u>9,90</u>	gr
$W_s$	Peso de la muestra seca	=	<u>50,00</u>	gr
$W_{bws}$	Peso del frasco + agua + muestra	=	<u>721,70</u>	gr
T	Temperatura	=	<u>26,60</u>	°C
K	Factor de corrección por temperatura	=	<u>0,9986</u>	

$$G_s = \frac{K * W_s}{W_{bw} + W_s - W_{bws}} = \boxed{2,63}$$

FIRMA: \_\_\_\_\_