	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	<small>Documento</small>	<small>Código</small>	<small>Fecha</small>	<small>Revisión</small>
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
	<small>Dependencia</small>	<small>Aprobado</small>		<small>Pág.</small>
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(160)	

AUTOR	ALEJANDRA SANJUAN QUINTERO		
FACULTAD	DE INGENIERÍAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA CIVIL		
DIRECTOR	Ing. AGUSTÍN MACGREGOR TORRADO		
TÍTULO DE LA TESIS	APOYO TÉCNICO EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA DE LADERAS, TALUDES, TERRAZAS Y ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN EN PROYECTOS DE DESARROLLO HABITACIONAL, EN TIJUANA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>EL PRESENTE TRABAJO CONTIENE LA INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A LOS OBJETIVOS Y ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL TRATAMIENTO DE PROYECTOS DE DESARROLLO HABITACIONAL, DONDE SE HIZO UN ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA EN TALUDES, ASÍ COMO LA REVISIÓN DE TERRAZAS Y ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN, EVALUANDO DE ESTA MANERA LOS EFECTOS DE LOS FACTORES DESENCADENANTES DE LA INESTABILIDAD, ADEMÁS DE LA MODELACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE Y DEFORMABILIDAD EN CONDICIONES ESTÁTICAS Y DINÁMICAS DE LOS PROYECTOS DE ESTUDIO. TODO ESTO CON EL FIN DE BRINDAR RECOMENDACIONES GARANTES DE LA SEGURIDAD DE LOS PROYECTOS Y LA MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS NEGATIVOS SOBRE ESTOS. DE IGUAL MANERA LA PRESENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN COMO APORTE ACADÉMICO.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 160	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 85	CD-ROM: 1



APOYO TÉCNICO EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA DE LADERAS,
TALUDES, TERRAZAS Y ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN EN PROYECTOS DE
DESARROLLO HABITACIONAL, EN TIJUANA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Autor

ALEJANDRA SANJUAN QUINTERO

cód. 172145

Trabajo de Grado presentado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

AGUSTÍN ARMANDO MACGREGOR TORRADO

Especialista en Geotecnia Ambiental

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA CIVIL

Ocaña, Colombia

Septiembre del 2017

Índice

Capítulo 1. Apoyo técnico en el análisis de estabilidad geotécnica de laderas, taludes, terrazas y estructuras de contención en proyectos de desarrollo habitacional, en Tijuana, Baja California, México.	12
1.1 Descripción de la empresa	12
1.1.1 Misión.....	13
1.1.2 Visión.	13
1.1.3 Objetivos de la empresa.....	14
1.1.4 Estructura organizacional.	14
1.1.5 Descripción de la dependencia asignada.	15
1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia	16
1.2.1 planteamiento del problema.....	17
1.3 Objetivo de la pasantía.....	19
1.3.1 Objetivo general.....	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 Descripción de las actividades a desarrolladas	20
Capítulo 2. Enfoques referenciales	21
2.1 Enfoque conceptual	21
2.1.1 Geotecnia.....	21
2.1.2 Estudios geotécnicos.....	22
2.1.3 Tipos de estudios geotécnicos.....	22
2.1.4 Laderas.....	23
2.1.5 Taludes.....	23
2.1.7 Terrazas.....	24
2.1.8 Muro de contención.....	24
2.1.9 Deslizamientos.....	25
2.1.10 Estabilidad de taludes.....	26
2.1.11 Bungalós.....	27
2.1.12 Fotogrametría.....	27
2.1.13 Topografía.....	27
2.1.14 Ortofoto.....	28
2.1.15 Red Geodésica Nacional Activa.....	28
2.1.16 Servicio geológico mexicano.....	29
2.1.17 Unión Geofísica Mexicana, A.C.....	29

2.1.18 CICESE.....	30
2.1.19 Perfil estratigráfico.....	30
2.1.20 Métodos de equilibrio límite.....	31
2.1.21 Superficie de falla.....	33
2.1.22 Factor de seguridad.....	34
2.1.23 Tucuruaguay.....	34
2.2 Enfoque legal.....	35
Capítulo 3. Informe de cumplimiento de trabajo	37
3.1 Presentación de resultados	37
3.1.1 Caracterización de los predios.....	37
3.1.2 Delimitación de las áreas de estudio.....	70
3.1.3 Evaluación de la estabilidad.....	80
3.1.4 Análisis de resultados de los estudios de estabilidad.....	96
Capítulo 4. Diagnóstico final.....	109
Capítulo 5. Conclusiones.....	110
Capítulo 6. Recomendaciones.....	111
Referencias	112
Apéndices.....	116

Lista de figuras

Figura 1. Estructura organizacional de la Universidad de las Californias Internacional.	15
Figura 2. Deslizamiento rotacional	25
Figura 3. Deslizamiento traslacional.....	26
Figura 4.Planta general del predio, proyecto “privada del bosque”	38
Figura 5. Movimiento de tierra y lotificación del predio.	38
Figura 6.Zona baja del predio	39
Figura 7.Acompañamiento al proyecto privada del bosque con el Dr. Ing. Aldo Oliva.....	39
Figura 8.Inspección del predio	40
Figura 9. Recorrido por el área de estudio.	40
Figura 10. Muro de contención y lotificación	41
Figura 11. Visita al predio del proyecto "Acueducto"	42
Figura 12. Entrada al terreno y vista superior del área de estudio.....	42
Figura 13. Ejecución de actividades correspondientes a la urbanización	43
Figura 14. Ubicación del municipio de Tijuana.	44
Figura 15. Imagen satelital del proyecto “Privada del bosque”.	45
Figura 16. Mapa de la ciudad con la ubicación del proyecto "Acueducto".	46
Figura 17. Imagen satelital del área del proyecto "Acueducto"	47
Figura 18. Delimitación del área de estudio	51
Figura 19. Proyección en 3D del Proyecto Privada del Bosque.....	52
Figura 20. Proyección de los bungalós	52
Figura 21. Pendiente del terreno visto desde Recap.	53
Figura 22. Perfil longitudinal del terreno.	53
Figura 23. Carta geológica minera Tijuana I11-11 Baja California.	55
Figura 24. Carta Geológico-Minera Tijuana I11-11.	56
Figura 25. Mapa tectónico de la península de B.C	57
Figura 26. Ubicación de los sondeos en el predio	59
Figura 27. Tipo Pozos de Cielo Abierto (PCA).....	60
Figura 28. Pozos de Cielo Abierto realizados con máquina retroexcavadora.....	60
Figura 29. Pozo y material extraído	61
Figura 30. Sondeo con perforadora mecánica "CME55"	61
Figura 31. Sondeo del tipo Pozo a Cielo Abierto (PCA) con retroexcavadora.	66
Figura 32. Calicata de 3 metros para obtención de muestras.	66
Figura 33. Muestras extraídas de los sondeos.	67
Figura 34. Hallazgo de relleno de basura y exploración en el talud.	67
Figura 35. Primer sondeo con prueba de penetración estándar y su respectiva muestra	68
Figura 36. Sondeo 2 con prueba de penetración estándar y su respectiva muestra	68
Figura 37. Sondeo 3 con prueba de penetración estándar y su respectiva muestra	69
Figura 38. Demarcación de los puntos de control	71
Figura 39. Planta topográfica general	73
Figura 40. Ubicación de puntos georreferenciados	74
Figura 41. Representación de un punto de control en terreno	74
Figura 42. Planta topográfica general “Acueducto”	75
Figura 43. Equipo usado en el levantamiento fotogramétrico.....	76
Figura 44. Ortofoto georreferenciada.....	77

Figura 45. Nube de puntos	78
Figura 46. Posición de fotografías (puntos rojos) y rutas del vuelo (líneas verdes).....	79
Figura 47. Ortofoto georreferenciada del proyecto “Acueducto”	80
Figura 48. Ubicación de los perfiles en el predio	81
Figura 49. Ubicación de perfiles para análisis de estabilidad en el área de estudio	82
Figura 50. Modelo tridimensional de la zona de estudio.	83
Figura 51. Isometría de la implantación.....	84
Figura 52. Detalles de discordancia en la distribución de plantas.	85
Figura 53. Afectaciones por taludes que invaden el predio del proyecto.	85
Figura 54. Rellenos que requieren de estructuras de contención.....	86
Figura 55. Ejemplo de método basado en equilibrio límite.	87
Figura 56. Ejemplo de análisis tenso-deformacional en la base de cimentaciones.	88
Figura 57. Ejemplo de método basado en equilibrio límite	88
Figura 58. Perfil 3 utilizado en el programa GeoSlope.....	89
Figura 59. Resultados del análisis de estabilidad en el perfil 3	89
Figura 60. Perfil 5 utilizado en el programa GeoSlope.....	90
Figura 61. Perfil 6 utilizado en el programa GeoSlope.....	90
Figura 62. Resultados del análisis de estabilidad en el perfil 6	91
Figura 63. Resultados del análisis de estabilidad en el perfil 5	91
Figura 64. Zona potencialmente inestable.....	92
Figura 65. Modelo de falla del perfil 3	93
Figura 66. Modelo de falla del perfil 5	93
Figura 67. Modelo de falla del perfil 6	94
Figura 68. Ejemplo de método basado en análisis tenso-deformacionales	94
Figura 69. Modelo de fallas del perfil 3.	94
Figura 70. Modelo de fallas del perfil 5.....	95
Figura 71. Modelo de fallas del perfil 6.....	95
Figura 72. Modelo de falla del perfil 1, análisis de estabilidad de taludes basado en métodos de equilibrio límite.	96
Figura 73. Modelo de falla del perfil 2, análisis de estabilidad de taludes basado en métodos de equilibrio límite	97
Figura 74. Modelo de fallas del análisis de estabilidad y deformaciones en la base de las cimentaciones.	98
Figura 75. Distancia recomendada del cimiento a la corona del talud.	101
Figura 76. Detalles del muro para contener relleno y evitar empujes en estructura colindante	102
Figura 77. Muro para contención de relleno y evitar empujes a predios vecinos.	102
Figura 78. Ilustración sobre ubicación de pilas y pilotes en el perfil 5.....	103
Figura 79. Ilustración sobre ubicación de pilas y pilotes en el perfil 6.....	103
Figura 80. Modelo tridimensional con la ubicación de las pilas y pilotes.	104
Figura 81. Ubicación aproximada del muro en el perfil 5	105
Figura 82. Ubicación aproximada del muro en el perfil 6.....	105
Figura 83. Propuesto de remediación en terracerías para mitigar el potencial asentamiento.	106
Figura 84. Mejoramiento del terreno con material tucuruquay	107
Figura 85. Inicio de trabajos después del mejoramiento del terreno	107

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Matriz DOFA</i>	16
Tabla 2 <i>Descripción de las actividades a desarrolladas</i>	20
Tabla 3 <i>Metodología utilizada en la modelación de taludes</i>	33
Tabla 4 <i>Parámetros del suelo</i>	63
Tabla 5 <i>Puntos de control</i>	72
Tabla 6 <i>Características de la estación total</i>	72
Tabla 7 <i>Características del drone</i>	77
Tabla 8 <i>Comparación de los factores de seguridad</i>	100

Lista de Apéndices

Apéndice A. Resultados de los sondeos

Apéndice B. Resultados de las pruebas de laboratorio

Apéndice C. Planos arquitectónicos

Apéndice D. Plantas topográficas generales

Apéndice E. Metodología de diseño y cálculo estructural para muros de contención

Apéndice F. Informe técnico para el Grupo Iteico Euroamericano

Introducción

La inestabilidad de un talud, puede traer consigo el movimiento de una gran masa de material, produciendo daños importantes, tanto como económicos como sociales y pérdidas humanas. La evaluación de estabilidad de taludes y laderas es un área de la ingeniería civil e ingeniería geotécnica que busca mitigar los impactos negativos que pueda ocasionar.

De acuerdo a lo anterior, este trabajo presenta el procedimiento llevado a cabo en dos proyectos de desarrollo habitacional en la ciudad de Tijuana, Baja California, México en cuestión del análisis de estabilidad geotécnico, incluyendo los métodos de equilibrio límite y tenso-deformacionales, utilizados para el estudio de la inestabilidad, así como los resultados obtenidos con la aplicación de los mismos, de igual manera, las recomendaciones para reducir el nivel de riesgo, implementando procesos constructivos tales como el terraceo y obras tales como muros de contención, obtenidas a raíz del análisis de las condiciones de estabilidad, bajo la acción de los factores condicionantes y desencadenantes, junto con el análisis de posibles superficies de falla que se puedan presentar en el talud.

Capítulo 1. Apoyo técnico en el análisis de estabilidad geotécnica de laderas, taludes, terrazas y estructuras de contención en proyectos de desarrollo habitacional, en Tijuana, Baja California, México.

1.1 Descripción de la empresa

La Universidad de las Californias Internacional es una Institución de Nivel Superior que proporciona un servicio educativo profesional con sentido creativo, innovador, humanista y altamente competitivo con más de 25 años de excelencia académica y calidad total nos respaldan.

Se promueve la formación del carácter, inculcando el espíritu de responsabilidad y criterio con la convicción de que el deber es para cumplirse, lo cual conduce a la verdadera realización del hombre.

La formación cultural enriquece la propia personalidad del alumno, de acuerdo a su creatividad y al hábito del estudio continuo. La formación científica le permite comprender objetivamente el mundo para encontrar soluciones concretas a los problemas que se presentan en la vida personal. La búsqueda de la excelencia integral será el objetivo general de la estancia de los jóvenes en la UNIVERSIDAD DE LAS CALIFORNIAS INTERNACIONAL. (Universidad de las Californias Internacional, 2017)

El Grupo ITEICO Euro-americano es un equipo multidisciplinario especializado en investigaciones aplicadas y proyectos de ingeniería, que en asocio con la Universidad de la Californias Internacional (UDCI), brinda a los estudiantes interesados en el área de geotecnia la oportunidad de desarrollarse como futuros ingenieros capaces de identificar, analizar y proponer soluciones funcionales en dicha área; de este modo el Grupo ITEICO Euro-americano, ofrece la posibilidad al futuro profesional de relacionarse con una amplia gama de servicios especializados en la modelación, monitoreo y análisis de riesgo de taludes y laderas, con los cuales sea capaz de dar soluciones integrales a problemáticas en obras geotécnicas, estructurales, viales, hidráulicas y mineras.

1.1.1 Misión. Es una Institución de Nivel Superior con un servicio educativo profesional con sentido creativo, innovador, humanista y altamente competitivo, contribuyendo al desarrollo y la difusión del conocimiento por lo cual nos comprometemos en forjar profesionistas de calidad y excelencia, con una formación de liderazgo en la sociedad. (Universidad de las Californias Internacional, 2017)

1.1.2 Visión. Desde principios de la formación se ofrece una visión integral de la carrera profesional elegida para que el alumno perciba la unidad de todas las materias y la razón de ser de cada Disciplina en el contexto global del Plan de estudios.

En la visión humanística de UDCI, la persona es el creador y organizador de su entorno social porque contribuye y se sirve de los factores en que se circunscribe su actuación. (Universidad de las Californias Internacional, 2017)

1.1.3 Objetivos de la empresa. En toda Institución educativa de Nivel Superior es común a todas ellas y en este aspecto UDCI, cumple con la misión conceptual general. La misión propia y distintiva de UDCI está enmarcada en los principios que nos conducen a la formación intelectual y moral cristiana con un amplio y sólido conocimiento científico, económico, social y cultural, necesarios para participar en el mejoramiento de la sociedad a la luz del cristianismo.

La formación integral ofrece una exposición completa, sistemática y jerarquizada de la ciencia teniendo como base los principios filosóficos, humanísticos y positivos que son fruto de la razón y de la investigación del hombre y que forman parte del patrimonio cultural de la humanidad.

La Universidad de las Californias Internacional tiene el compromiso de formar profesionistas comprometidos con la sociedad, con alto grado de excelencia académica, capaz de identificar, analizar, resolver y proponer soluciones funcionales en sus diseños para el crecimiento de las ciudades en infraestructura, construcción, obras hidráulicas y vías de comunicación, para todos los sectores. (Universidad de las Californias Internacional, 2017)

1.1.4 Estructura organizacional. La Universidad cuenta con una estructura sencilla que integra facultades, oficinas de soporte académico y oficinas de soporte administrativo. La estudiante desempeñará su pasantía en la división de innovación y desarrollo estratégico, con el Grupo ITEICO, como se muestra en la Figura 1.

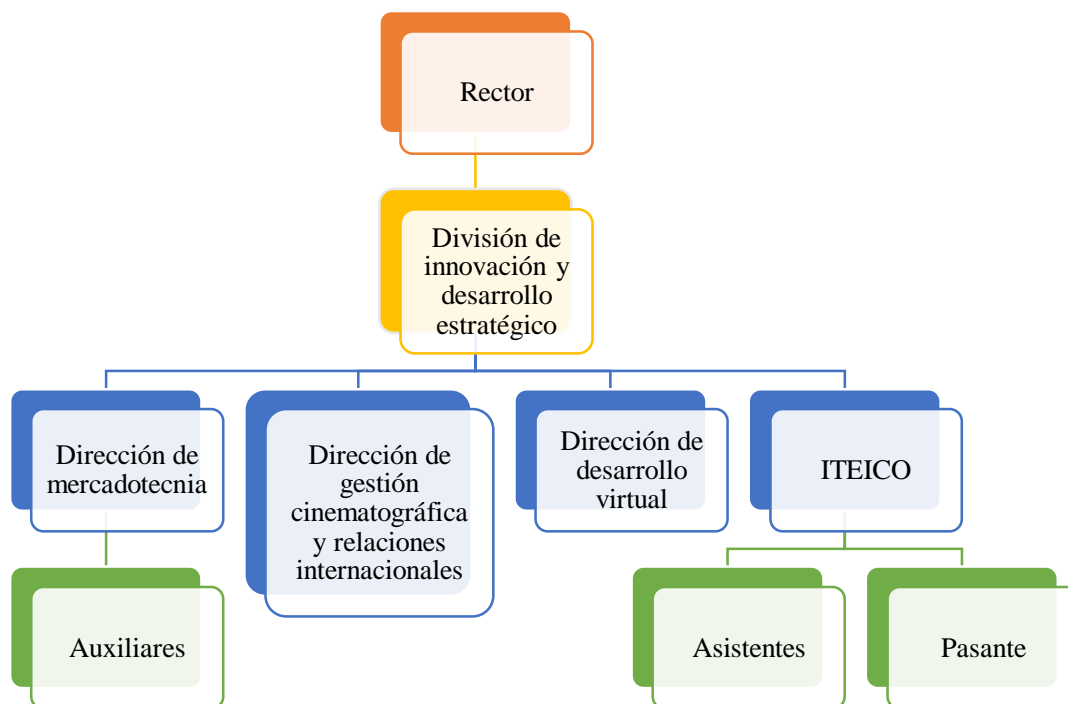


Figura 1. Estructura organizacional de la Universidad de las Californias Internacional.

Nota fuente. Universidad De Las Californias Internacional. Modificado por el autor del proyecto.

1.1.5 Descripción de la dependencia asignada. El Grupo ITEICO Euro-americano es un equipo multidisciplinario especializado en investigaciones aplicadas y proyectos de ingeniería, desarrollando y promoviendo la investigación científica en diferentes organizaciones, asociaciones e instituciones públicas o privadas en el marco de convenios o acuerdos que se establezcan, así como producir, promocionar y comercializar instrumentos y equipos para estudiar el comportamiento del terreno, las estructuras y el entorno.

Establecen convenios e intercambios con diferentes instituciones públicas y privadas, nacionales y extranjeras.

Organizan, desarrollan, patrocinan y promocionan eventos de carácter científico técnico nacionales e internacionales en diferentes áreas del conocimiento.

Además de la impartición de conferencias, asesorías y consultorías profesionales, entrenamientos científico-técnicos y adiestramientos profesionales en las diferentes esferas del conocimiento que se trabajan en el Grupo.

1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia

En la Tabla 1 se muestra la matriz DOFA del grupo Iteico Euroamericano donde se exponen fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Tabla 1

Matriz DOFA

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Ambiente interno	F1. Personal calificado y comprometido con la empresa F2. Empresa líder en instrumentación y control geotécnico en la región. F3. Vinculación con la Universidad de las Californias Internacional.	D1. Dependencia de terceras empresas para la realización de trabajos D2. Plantilla de personal reducida
Ambiente externo		
OPORTUNIDADES	FO (MAXI-MAXI)	DO (MINI-MAXI)
O1. Capacitación de empleados y clientes. O2. Ampliar la oferta de servicios científico-teóricos. O3. Reducir el riesgo por inestabilidad del terreno en las comunidades e infraestructura.	Promocionar servicios científico-teóricos a empresas y comunidad Disponibilidad de sistemas de monitoreo y alertas tempranas a estructuras e infraestructura	Estudios de riesgos por inestabilidad del terreno y zonificación del mismo Elaboración mapa de riesgo por inestabilidad en zonas urbanas sub-urbanas e infraestructuras.
AMENAZA	FA (MAXI-MINI)	DA(MINI-MINI)
A1. Reducción de la inversión en el sector del constructivo. A2. Insuficiente trabajo en la prevención-mitigación por parte de las autoridades de protección civil.	Capacitar al personal de la empresa en la aplicación de tecnologías y conocimientos en otros sectores (minería, energía, etc.) Ofrecer capacitación relacionada con la prevención-mitigación de eventos desastres producidos por inestabilidad del terreno.	Identificación de la problemática relacionada con la inestabilidad del terreno existente en la región. Elaborar un plan de acciones y de medidas estructurales y no estructurales, encaminado a reducir el riesgo por inestabilidad del terreno.

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

1.2.1 planteamiento del problema. En las diferentes regiones montañosas alrededor del mundo el fenómeno de inestabilidad de laderas es un problema común que puede representar una amenaza y riesgo potencial para las comunidades que habitan en esos sitios; este fenómeno tiene impacto directo en las actividades económicas y en muchas de las obras construidas por el hombre; por ejemplo, las edificaciones en los sectores de vivienda, el transporte, las vías de comunicación, los conductos de combustible, los servicios públicos, etc., a menudo son afectados severamente por los desplazamientos que experimenta el terreno durante un movimiento de ladera (Gallardo, Guerrero, & Macgregor, 2013).

El crecimiento acelerado y la inadecuada planeación territorial de muchas poblaciones y ciudades en todo el mundo han generado “transformaciones antropogénicas negativas en el espacio”, llevando a la urbanización de zonas de lomeríos y terrenos escarpados donde las condiciones geológicas, geotécnicas, hidrológicas y topográficas no son las más apropiadas para la construcción de edificaciones. (Montiel, González, Loaiza, & Gouveia, 2008). La ciudad de Tijuana, debido a su crecimiento urbano y poblacional, ha pasado de ocupar zonas bajas cercanas al río Tijuana, a terrenos más altos y en zona de ladera, y dada la topografía de la ciudad, abarcan una extensión considerable; Este factor potencializa el riesgo por deslizamiento, lo que hace necesario la identificación de zonas donde se tenga proyectado urbanizar, para realizar un estudio de estabilidad en laderas.

Los asentamientos que se dan en estas áreas por los pobladores son invasiones que no tienen asistencia técnica, lo que conlleva a que la infraestructura sanitaria o la disposición de sus aguas residuales se aplica en forma de letrinas o directamente sobre el terreno, además los cortes

y excavaciones para la construcción de caminos, la conformación de terrazas para viviendas y el vertido de rellenos de material suelto genera problemas de estabilidad a corto plazo. En otras palabras, “El proceso de debilitamiento del terreno, se inicia en diferentes puntos de la ladera, principalmente, por efectos de la invasión de las personas que cortan la ladera para construir su vivienda y por la falta de servicios públicos se ven obligados a verter sus aguas negras y de riego directamente sobre el terreno” (Mendoza, Vásquez, & Rosquillas, 2007)

Dada las condiciones que anteceden, es evidente que la intervención no calificada a terrenos escarpados ha generado problemas asociados a la inestabilidad de taludes, siendo estos eventos con un gran potencial de desastre, que ponen en riesgo la vida, y los bienes materiales de la población.

Como se hizo alusión anteriormente, la identificación de zonas potencialmente inestables, es importante, es así como se encuentran los proyectos de desarrollo habitacional “Privada del bosque” y “Fraccionamiento Acueducto”, que por estar en zonas de ladera, son proyectos que presentan problemas geotécnicos, en especial inestabilidad en taludes. No solo con ello, la proyección arquitectónica que presenta una de estas urbanizaciones, tiene una implantación sobre el terreno que invade predios vecinos, y no se previó las zonas de relleno que necesitan estructuras de contención. Por otra parte, la segunda construcción se hace sobre un terreno que por años fue un vertedero de basura y que por ello es muy deformable, presentando asentamientos considerables que afectan directamente las edificaciones.

En síntesis, la inestabilidad de taludes, es una problemática que afecta cualquier sector de la sociedad, pero que su impacto se puede mitigar si se realiza el respectivo estudio geotécnico, el análisis de estabilidad antes de emprender una construcción.

1.3 Objetivo de la pasantía

1.3.1 Objetivo general. Apoyar técnicamente en el análisis de estabilidad geotécnica de laderas, taludes, terrazas y estructuras de contención en proyectos de desarrollo habitacional, en Tijuana, Baja California, México.

1.3.2 Objetivos específicos. Delimitar las áreas de estudio donde se contemplan los proyectos de desarrollo habitacional.

Profundizar conocimientos sobre la evaluación de la estabilidad en áreas potencialmente inestables.

Analizar los resultados obtenidos de los estudios de estabilidad efectuados en las áreas de los proyectos.

Elaborar un documento instructivo que incluya teoría, metodología y notas de recomendación para el diseño de muros de contención.

1.4 Descripción de las actividades a desarrolladas

Tabla 2

Descripción de las actividades a desarrolladas

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades
Apoyar técnicamente en el análisis de estabilidad geotécnica de laderas, taludes, terrazas y estructuras de contención en proyectos de desarrollo habitacional, en Tijuana, Baja California, México	Delimitar las áreas de estudio donde se contemplan los proyectos de desarrollo habitacional	<p>Visitar el área donde se desarrollan los proyectos habitacionales</p> <p>Identificar la Fisiografía, aspectos geológicos y sismo tectónica de las zonas de estudio</p> <p>Realizar una exploración de campo con pruebas y muestreos</p> <p>Ejecutar pruebas de laboratorio</p> <p>Revisar los planos arquitectónicos de los proyectos</p> <p>Realizar un levantamiento topográfico de los predios</p> <p>Realizar un levantamiento fotogramétrico de los predios</p>
	Profundizar conocimientos sobre la evaluación de la estabilidad en áreas potencialmente inestables	<p>Desarrollar un modelo geotécnico que ayude con la evaluación de la estabilidad</p> <p>Ubicar la zona potencialmente inestable</p> <p>Conocer sobre los métodos de análisis de estabilidad geotécnico</p> <p>Aplicar los métodos de análisis de estabilidad geotécnico</p>
	Analizar los resultados obtenidos de los estudios de estabilidad efectuados en las áreas de los proyectos.	<p>Interpretar los resultados obtenidos en análisis con el método de equilibrio límite</p> <p>Interpretar los resultados obtenidos en análisis con el método Tenso-deformacionales</p> <p>Hacer observaciones a partir de los modelos de falla obtenidos</p> <p>Comprender la importancia del factor de seguridad dentro del análisis de estabilidad</p> <p>Recomendar la revisión del muro de contención y terrazas que están generando zonas de relleno</p>
	Elaborar un documento instructivo que incluya teoría, metodología y notas recomendación para el diseño de muros de contención	<p>Investigar sobre muros de contención</p> <p>Aprender sobre el diseño de muros de contención</p> <p>Hacer y presentar un informe técnico del proyecto, el cual incluye: Introducción, Objetivos y alcances, Descripción de los trabajos, Resultados y productos, Conclusiones</p>

Nota fuente: Autor del proyecto, 2017

Capítulo 2. Enfoques referenciales

2.1 Enfoque conceptual

2.1.1 Geotecnia. El término "geotecnia" hace alusión al conjunto de reconocimientos y ensayos o pruebas realizadas al terreno y a la interpretación de los datos obtenidos en los mismos, que permiten caracterizar los diversos suelos presentes en la zona de estudio y sus propiedades, en función de los objetivos y características del proyecto (Caminos naturales, s.f).

Así pues, la geotecnia al ser una de las ramas más relevantes de la ingeniería civil, Escobar & Duque (2016), exponen que:

Geotecnia es la aplicación de los métodos científicos y de los principios de ingeniería a la generación, interpretación y utilización del conocimiento de los materiales y procesos que ocurren en la corteza terrestre para la solución de problemas de ingeniería. Para su cabal desarrollo requiere la aplicación de diferentes campos del conocimiento, entre ellos, la mecánica de suelos, la mecánica de rocas, la geología, la geofísica, la hidrología, la hidrogeología y las ciencias relacionadas.(p. 12)

Son varios los autores que coinciden en decir que la geotecnia es la aplicación de la ingeniería en una masa de suelo, es así como Holtz & Kovacs. (1981) Afirman “Geotecnia, como su nombre lo indica, se refiere a la aplicación de la tecnología de la Ingeniería Civil al manejo de los materiales térreos de la corteza del planeta” (p. 1).

2.1.2 Estudios geotécnicos. “El estudio geotécnico es el conjunto de actividades que permiten obtener la información geológica y geotécnica del terreno, necesaria para la redacción de un proyecto de construcción” (Lomoschitz, 2005).

“El estudio geotécnico se realiza previamente al proyecto de un edificio y tiene por objeto determinar la naturaleza y propiedades del terreno, necesarios para definir el tipo y condiciones de cimentación” (Rodríguez Ortiz citado por Lomoschitz, 1984).

Para García (2006) el estudio geotécnico debe contener todos los datos relevantes para la correcta construcción del proyecto, este se elabora en base a ensayos de campo y de laboratorio adecuados al tipo de proyecto para el que se solicita y deberá incluir recomendaciones propias para cada tipo de proyecto.

2.1.3 Tipos de estudios geotécnicos. Los estudios geotécnicos están conformados por los ensayos de campo y los ensayos de laboratorios; dentro del primer grupo existe una subdivisión que consiste en ensayos directos como los sondeos mecánicos (rotación, extracción continua de testigo), ensayos in situ (SPT, muestras inalteradas, ensayos de permeabilidad y piezómetro) y calicatas (Estabilidad paredes, nivel de agua, muestras alteradas e inalteradas y ensayos in situ (soil test y Vane test)); ensayos indirectos como los ensayos de penetraciones dinámicas (D.P.S.H, borros) y Geofísica (Sísmica de refracción y tomografía) (García F. , 2006).

En el segundo grupo los ensayos se dividen de acuerdo al material, así, para materiales granulares (arenas/gravas) se hace: análisis granulométrico por tamizado, humedad, límites

Atterberg, contenido en sulfatos, carbonatos y materia orgánica, proctor Normal/Modificado y CBR, y para materiales cohesivos (limos/ arcillas) se hace: análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg, Compresión simple, Edometría, hinchamiento / colapso, corte directo, triaxial. (García F. , 2006)

2.1.4 Laderas. “Se denomina ladera a la superficie inclinada, con pendiente, o elevación del terreno que se forma de manera natural, sin intervención humana” (Castañón, 2011).

“Se llama ladera o talud natural al que se observa en un suelo in situ, que ha sido formado por la naturaleza, pero creado y moldeado por numerosos agentes externos y que depende también de la altura del talud” (Graux, 1975).

2.1.5 Taludes. Como expone en su tesis Castañón (2011)

Se define como talud a una masa de suelo con una superficie externa inclinada con respecto a la horizontal. Cuando el talud se forma de manera natural, sin la intervención del hombre, se denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando la inclinación en la masa de suelo es generada por la intervención de la actividad humana, excavaciones o rellenos, se denomina talud. (p. 124)

Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. Se dice que el talud constituye la estructura más compleja de analizar, puesto que en él confluyen los problemas de la mecánica de suelos, mecánica de rocas y geología. (De Matteis, 2003).

2.1.7 Terrazas. “Las terrazas son los terraplenes formados por bordos de tierra, o la combinación de bordos y canales, construidos en sentido perpendicular a la pendiente del terreno.” (Martínez, Rubio, & Palacios, 2009).

Las terrazas son estructuras de control de erosión que se construyen de manera perpendicular a la pendiente con el objetivo de formar balcones escalonados que luego se cubren con vegetación. Brindan estabilidad en la base de terrenos deleznales, especialmente en taludes, derrumbes y negativos de carretera; La altura en las terrazas es muy importante y su empotramiento en las zanjas del terreno. La longitud de la terraza depende del relieve encontrado en el sector que se está estabilizando. (Aponte, 2016).

2.1.8 Muro de contención. Para (Cruz, 2006) una estructura de contención se puede definir como un elemento de retención de materiales (generalmente suelos) que por sí mismos son inestables a un equilibrio deseado, garantizando una estabilidad bajo factores de seguridad, cumpliendo su objetivo en todo el conjunto y dominio estudiado (el problema), con el fin de salvaguardar las construcciones adyacentes, su efectivo servicio y lo más importante la vida humana.

Los muros de contención se utilizan para detener masas de tierra u otros materiales sueltos cuando las condiciones no permiten que estas masas asuman sus pendientes naturales. Estas condiciones se presentan cuando el ancho de una excavación, corte o terraplén está restringido por condiciones de propiedad, utilización de la estructura o economía (Gómez, 2013).

Una obra de contención se ejecuta para contener cortes o rellenos de suelo. En algunas ocasiones, el rol del muro de contención es fundamentalmente prevenir la erosión ya que el suelo es capaz de sostenerse por sí solo. Sin embargo, en la mayor parte de los casos el rol de los muros de contención es resistir los esfuerzos impuestos por el suelo contenido (Sáez, 2010).

2.1.9 Deslizamientos. Los deslizamientos son movimientos relativos de masas de suelo o roca con respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura cuando se supera la resistencia al corte de estas superficies. La masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido; la velocidad puede ser muy variable, pero suelen ser procesos rápidos y alcanzar grandes volúmenes. (Sanhueza & Rodríguez, 2013)

Para Copons & Tallada (2009), Un deslizamiento (slide en inglés) es el movimiento de una porción de terreno a través de una superficie de rotura neta con la preservación general de la estructura interna original. Se puede diferenciar dos tipos de deslizamientos: los deslizamientos rotacionales en donde la superficie de rotura es circular, a modo de cuchara (Figura 2); y los deslizamientos traslacionales (Figura 3) donde la superficie de rotura es totalmente plana.

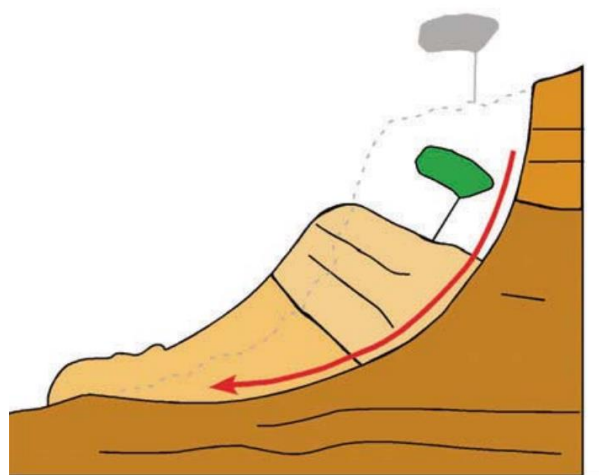


Figura 2. Deslizamiento rotacional

Nota fuente: Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 2009

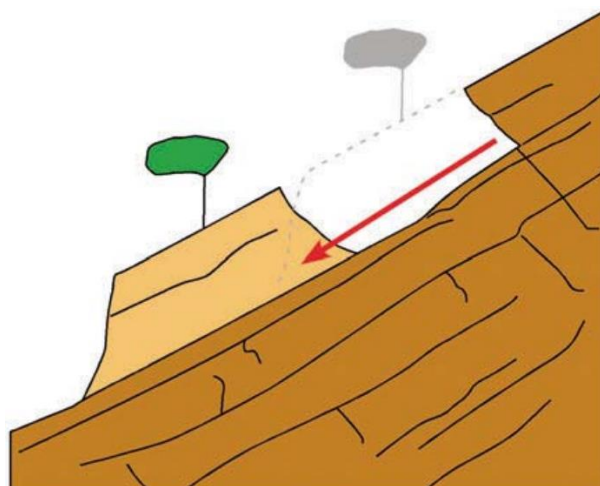


Figura 3. Deslizamiento traslacional

Nota fuente: Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 2009

De Matteis (2003) denomina “deslizamiento a la rotura y al desplazamiento del suelo situado debajo de un talud, que origina un movimiento hacia abajo y hacia afuera de toda la masa que participa del mismo” (p. 5).

2.1.10 Estabilidad de taludes. El análisis convencional de estabilidad de taludes en dos dimensiones busca el determinar la magnitud de las fuerzas o momentos actuantes que provoquen el movimiento y determinar la magnitud de las fuerzas o momentos resistentes que se opongan al movimiento que actúan en los suelos que forman al talud (Castañón, 2011).

El estudio de estabilidad de taludes está basado en el concepto de interacción de dos fuerzas que actúan sobre el talud como sistema, las fuerzas estabilizantes o resistentes y las fuerzas desestabilizantes o movilizantes. Se considera que el talud es estable cuando las fuerzas resistentes son mayores que las desestabilizantes y caso contrario, el talud se considera inestable cuando las fuerzas desestabilizantes son mayores que las resistentes; el estudio de estas fuerzas se concentra en tres cargas principales: la gravedad, la resistencia intrínseca de los materiales que conforman el talud y el efecto del agua presente en los materiales que conforman el talud (García M. , 1998).

2.1.11 Bungalós. El bungaló, búngalo o bungalow es un estilo de casa, generalmente de un solo piso y con galería o porche en la parte frontal, aunque sus características pueden variar de unos países a otros. Es muy popular en las afueras de muchas ciudades de América del Norte y América Central. La palabra proviene del término gujaratí bangalo, que significa 'en el estilo de Bengala'. Al principio, el término designaba una vivienda tradicional construida de madera. (Definición.De, 2017)

2.1.12 Fotogrametría. La fotogrametría es la disciplina encargada de calcular las dimensiones y posiciones de los objetos en el espacio, a partir de medidas realizadas sobre fotografías, a lo largo de la historia ha sufrido ciertos cambios, sobre todo, en los aeroplanos que en primera instancia se utilizaban, hasta los drones que se conocen en la actualidad. (Santos, 2014)

2.1.13 Topografía. “La topografía puede describirse como el arte de realizar medidas sobre la superficie terrestre con el propósito de elaborar mapas, planos o determinar una superficie.” (Higgins citado por Farjas, s.f.).

Aranha (1979) definía topografía como “el conjunto de principios, métodos, instrumentos y procedimientos utilizados para la determinación del entorno, dimensiones y posición relativa de una porción limitada de la superficie terrestre, del fondo de los mares y del interior de las minas. También compete a la topografía el replanteo de los proyectos”. (Farjas, s.f.).

Y más cerca en el tiempo, Buckner (1983) entendía por topografía “la ciencia y el arte de realizar mediciones necesarias para determinar la posición relativa de puntos sobre, en, o debajo de la superficie terrestre, así como para situar puntos en una posición concreta.” (Farjas, s.f)

2.1.14 Ortofoto. Gutiérrez (2005) cita que “La ortofoto es una imagen fotográfica del terreno, cuya proyección central ha sido transformada en una proyección ortogonal, eliminando así las distorsiones planimétricas causadas por la inclinación de la cámara aérea y al desplazamiento debido al relieve.”(p. 144).

La ortofoto tiene la ventaja de lograr con gran exactitud una planimetría, utilizándose de esta manera en actividades de cartografía sistemática o regular. La desventaja de la ortofoto desde el punto de vista económico, es la necesidad de actualización permanente, que implica realizar nuevos vuelos. (Gutiérrez, 2005)

2.1.15 Red Geodésica Nacional Activa. Se define como el conjunto de estaciones de monitoreo continuo de datos del GPS, distribuidas estratégicamente en el territorio nacional, que materializan el Sistema Geodésico Nacional en su vertiente horizontal, y proporcionan servicios de posicionamiento geodésico a los usuarios mediante datos en línea y coordenadas en el marco oficial (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017).

Para el instituto nacional de estadística cada estación de la RGNA a que se liga un levantamiento geodésico desempeña un papel activo, al funcionar como puntos de referencia para determinar las diferencias entre sus posiciones altamente precisas y las posiciones de

nuevos puntos derivadas directamente de los datos transmitidos por el sistema de satélites de navegación global (GNSS); así, mediante la técnica del posicionamiento diferencial, la RGNA ofrece información geodésica acorde a las altas precisiones que proporcionan los equipos del sistema de posicionamiento global.

Por lo anterior, la RGNA se presenta como una alternativa que permite a los usuarios ligar sus proyectos al Sistema Geodésico Nacional, al disponer gratuitamente de la información y exactitud posicional de las estaciones durante sus levantamientos geodésicos o topográficos con tecnología GPS, con el consecuente ahorro en tiempo y costo. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017).

2.1.16 Servicio geológico mexicano. “Es el sistema de consulta del que permite a los usuarios conocer la información geocientífica y tomar decisiones con ahorro en tiempo y recursos, coadyuvando al fomento de la actividad minera”. (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

2.1.17 Unión Geofísica Mexicana, A.C. Tiene la misión de promover el estudio de las Ciencias de la Tierra y del Espacio y de diseminar el conocimiento científico a través de actividades que fortalezcan la investigación y solución de problemas básicos y aplicados, la colaboración científica y la divulgación de la ciencia (Unión Geofísica Mexicana, A.C, 2017)

2.1.18 CICESE. Es una institución de referencia en el contexto científico nacional e internacional, su excelencia académica apoya el desarrollo nacional, la formación de recursos humanos y contribuye a generar el conocimiento que puede coadyuvar en la solución de problemas que afectan el entorno social y económico de México. (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California., 2017)

El Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, fue creado en 1973 por el gobierno federal como parte de la iniciativa para descentralizar las actividades científicas y modernizar el país. El CICESE pertenece al sistema de centros públicos de investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y a lo largo de más de cuatro décadas, ha evolucionado hasta convertirse en uno de los principales centros científicos de México. (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California., 2017)

2.1.19 Perfil estratigráfico. Es el que se realiza a partir de datos de perforaciones, de datos de prospección geofísica (datos indirectos), o bien de cortes naturales o artificiales del terreno que muestran las rocas que conforman la columna estratigráfica, mediante los cuales se puede reconstruir la estratigrafía del subsuelo, acorde con la profundidad que demanda el proyecto. (Pasotti, 2013).

2.1.20 Métodos de equilibrio límite. Los métodos de equilibrio límite para el cálculo de estabilidad de taludes son los más utilizados en la práctica común, debido a su sencillez, y porqué el valor del factor de seguridad obtenido no dista demasiado del valor real. Estos métodos establecen que la rotura del terreno se produce a través de una línea que representa la superficie de rotura. De esta forma se interpreta que la masa de terreno por encima de dicha línea se desplaza respecto la masa inferior produciéndose, así, la rotura del terreno. En el momento de producirse la rotura, la resistencia al corte a lo largo de la superficie de deslizamiento está movilizadada, y el terreno se encuentra, en su totalidad, en equilibrio estático. (Benavides, 2015).

Durante muchos años se ha realizado el análisis de los movimientos de los taludes o laderas, haciendo uso de las técnicas de equilibrio límite. “Este sistema supone que en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes, son iguales a lo largo de la superficie de falla y equivalentes a un factor de seguridad de 1.0” (Suárez, 1998, pág. 135).

El mismo Suárez (1998), comenta que:

Un análisis de equilibrio límite permite obtener un factor de seguridad o a través de un análisis regresivo, obtener los valores de la resistencia al cortante en el momento de la falla. Este análisis de estabilidad consiste en determinar si existe suficiente resistencia en los suelos del talud para soportar los esfuerzos de cortante que tienden a causar la falla o deslizamiento. (p. 130).

Los métodos de equilibrio límite, como lo expone (Ortuño, 2004) aunque potentes y fiables, conllevan 5 hipótesis básicas de carácter bastante restrictivo:

- Se considera que el talud es indefinido en la dirección horizontal paralela a su superficie, es decir, el problema se estudia en condiciones bidimensionales o de

deformación plana, si bien existen algunos procedimientos, no habituales, que consideran la tridimensionalidad.

- Se supone un mecanismo de rotura a favor de determinadas superficies de deslizamientos (planas o curvas). La masa de suelo contenida por dichas superficies se consideran como un único bloque rígido, o bien se subdivide en bloques más pequeños, también rígidos, dependiendo de la forma de la rotura supuesta o del procedimiento de cálculo.
- Se asume un criterio de rotura del terreno a lo largo de las superficies de deslizamiento definidas. Dicho criterio es habitualmente el de Mohr-Coulomb.
- Se supone que cada bloque en los que se ha subdividido la masa de suelo se encuentra en equilibrio estricto.
- Se define un factor de seguridad que se supone constante a lo largo de toda la superficie de deslizamiento.

Tabla 3*Metodología utilizada en la modelación de taludes*

Método	Parámetros utilizados	Ventajas	Limitaciones
Límite de equilibrio	Topografía del talud, estratigrafía, ángulo de fricción, cohesión, peso unitario, niveles freáticos y cargas externas.	Existe una gran cantidad de paquetes de software. Se obtiene un número de factor de seguridad. Analiza superficies curvas, rectas, cuñas, inclinaciones, etc. Análisis en dos y tres dimensiones con muchos materiales, refuerzos y condiciones de nivel de agua	Genera un número único de factor de seguridad sin tener en cuenta el mecanismo de inestabilidad. El resultado difiere de acuerdo con el método que se utilice. No incluye análisis de las deformaciones.

Nota fuente: Suárez, 1998, p. 129

2.1.21 Superficie de falla. El término superficie de falla se utiliza para referirse a una superficie asumida a lo largo de la cual puede ocurrir el deslizamiento o la rotura del talud; sin embargo, este deslizamiento o rotura no ocurre a lo largo de esas superficies si el talud es diseñado adecuadamente. En los métodos de límite de equilibrio el factor de seguridad se asume que es igual para todos los puntos a lo largo de la superficie de falla; por lo tanto, este valor representa un promedio del valor total en toda la superficie. (Suárez, 1998).

Se imagina que en un talud la falla siempre ocurre como un deslizamiento de la masa de suelo, pero esta ocurre por la superficie de falla, al analizar la posibilidad de dicho suceso se admite que el suelo desarrolla en todo punto de la superficie de falla la máxima resistencia considerada (Benavides, 2015).

2.1.22 Factor de seguridad. Suárez Díaz (1998) expone que “el factor de seguridad es empleado por los ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza para que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña” (p 130).

La relación existente entre las fuerzas resistentes y las desestabilizantes es conocida como factor de seguridad y es empleado por los ingenieros para analizar la estabilidad de un talud, pues este factor hace una distinción simple entre los taludes estables e inestables, para que con base en este análisis se pueda tomar medidas correctivas o preventivas cuando ya existe una falla o se quiera disminuir la probabilidad de que esta ocurra (Benavides, 2015).

Según el Instituto Nacional de Vías (1998), el factor de seguridad se define como aquel factor por el cual pueden reducirse los parámetros de resistencia al corte disponible, para llevar al talud a un estado límite a lo largo de la superficie de falla determinada.

2.1.23 Tucuruquay. El tucuruquay es un material arenoso que se utiliza de relleno en múltiples lugares, incluyendo su uso en parques. Se trata de tierra arcillosa y para colocarlo se requieren ciertas condiciones en el terreno. Pero en general no requiere muchos cuidados, lo que lo hace excelente para exteriores.

El suelo es una combinación de materia mineral, orgánica, agua y aire. La composición de estos varía, pero siempre están presentes los mismos cuatro componentes. En el caso del tucuruquay es un suelo tipo mixto, mezcla el arenoso con el arcilloso. Se compacta para sacar el aire y así cree volumen, además este material retiene el agua en charcos.

Cuando se usa sin compactación es porque su utilización será de relleno, o sea para poner otro material. El tucuru guay no levanta polvo y además se puede encontrar en la gama de colores de blanco, rojo y amarillo y utilizarlo con fines decorativos (Parques alegres, 2017).

2.2 Enfoque legal

- REGLAMENTO PARA LA EXCAVACION, EXTRACCION Y NIVELACION DE TERRENOS EN EL MUNICIPIO DE TIJUANA Publicado en el Periódico Oficial No. 26, sección I, de fecha 25 de junio de 1993, tomo C.
- REGLAMENTO DE EDIFICACIÓN PARA EL MUNICIPIO DE TIJUANA, BAJA CALIFORNIA Publicado en el Periódico Oficial No. 21, sección I, del 5 de mayo de 2015, Tomo CXXII.
- Periódico oficial del Estado de Baja California, Tomo CXXII del 21 de agosto de 2015. N° 39. Sección VII. Secretaria de infraestructura y desarrollo urbano. Acuerdo mediante el cual se aprueba la publicación de las normas técnicas complementarias de la ley de edificaciones del Estado de Baja California de seguridad estructural en material de “diseño y construcción de cimentaciones”.
- ASTM D1586 - 11 Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils.
- ASTM D2487 – 11 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).

- ASTM D2488 – 17 Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedures).
- ASTM D3080 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.
- ASTM D4318 – 17 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.

Capítulo 3. Informe de cumplimiento de trabajo

3.1 Presentación de resultados

Las actividades desarrolladas durante la pasantía, dan como resultado el procedimiento que el grupo Iteico Euroamericano hace para obtener el análisis de estabilidad geotécnico y que se expone a continuación. Se asignan dos proyectos cuyos nombres son: Análisis de la estabilidad de laderas, taludes, terrazas y estructuras de contención del proyecto “Privada del Bosque” y análisis de estabilidad geotécnica de taludes y del terreno de cimentación en el Fraccionamiento Acueducto”; que para fines de redacción de este documento se llamarán “Privada del bosque” y “Acueducto” respectivamente.

Delimitar las áreas de estudio donde se contemplan los proyectos de desarrollo habitacional

3.1.1 Caracterización de los predios.

3.1.1.1 Visita al área del proyecto “Privada del bosque”. Inicialmente se realizó una visita al predio del proyecto “privada del bosque”, logrando el reconocimiento del terreno, las estructuras adyacentes al mismo y visualizar la idea arquitectónica planteada inicialmente.

En la parte superior del predio, el cliente desea hacer unos bungalós y en la zona baja viviendas más sociales, por lo cual se procedió a llevar a cabo, varios procedimientos con la idea de presentar recomendaciones sobre la estabilidad del terreno en el predio donde se ejecutará el mencionado proyecto, todo esto para evaluar el efecto de los factores desencadenantes de inestabilidad y contribuir a mitigar los impactos negativos y garantizar la seguridad del proyecto.

A continuación se muestran algunas imágenes concernientes a la visita realizada junto con el profesional Dr. Ing. Aldo Onel Oliva. En la Figura 4, Figura 5 y Figura 6 se aprecia la extensión del terreno y la zona baja del predio y en las Figura 7, Figura 8 y Figura 9 se observa parte de equipo técnico de Iteico y al Dr. Aldo orientando en el recorrido de inspección.



Figura 4. Planta general del predio, proyecto “privada del bosque”

Nota fuente: Autor del proyecto, 2017



Figura 5. Movimiento de tierra y lotificación del predio.

Nota fuente: Autor del proyecto, 2017



Figura 6.Zona baja del predio

Nota fuente: Autor del proyecto 2017



Figura 7.Acompañamiento al proyecto privada del bosque con el Dr. Ing. Aldo Oliva

Nota fuente: Autor del proyecto, 2017



Figura 8. Inspección del predio

Nota fuente: Autor del proyecto, 2017



Figura 9. Recorrido por el área de estudio.

Nota fuente: Autor del proyecto, 2017



Figura 10. Muro de contención y lotificación

Nota fuente: Autor del proyecto, 2017

En la

Figura 10 se muestra el muro de contención de mayor tamaño implantado en la obra y las lotificaciones hasta entonces realizadas.

3.1.1.2 Visita al área de estudio del proyecto "Acueducto". En primera instancia, se hace una visita al predio destinado al proyecto del fraccionamiento acueducto para identificar cual es problema del proyecto, reconocer las estructuras colindantes y la presencia de los taludes a analizar. En las siguientes imágenes se muestra la extensión de terreno que conforma este proyecto y los trabajos que se han venido adelantando en el sector.



Figura 11. Visita al predio del proyecto "Acueducto"

Nota fuente: Autor del proyecto, 2017



Figura 12. Entrada al terreno y vista superior del área de estudio

Nota fuente: Autor del proyecto, 2017



Figura 13. Ejecución de actividades correspondientes a la urbanización

Nota fuente: Autor del proyecto, 2017

De la Figura 11, a la Figura 13 se muestra el predio destinado al proyecto habitacional, reconocido en la visita realizada.

3.1.1.3 Localización de los proyectos. El proyecto “Privada del Bosque” se encuentra ubicado por la Av. Del Bosque, en el fraccionamiento Cataviña, Delegación municipal centro, en Tijuana, Baja California, México.

Coordenadas geográficas 32°30'05.1"N 117°00'37.0"W.



Figura 14. Ubicación del municipio de Tijuana. Nota fuente: Google Maps modificado por autor del proyecto, 2017

En la Figura 14 se muestra la ubicación del municipio de Tijuana dentro del estado de México y en la Figura 15 la localización exacta del predio dentro de la ciudad.



Figura 15. Imagen satelital del proyecto “Privada del bosque”.

Nota fuente: Google Earth modificado por el autor del proyecto, 2017.

Así mismo, se hace la localización del proyecto “Acueducto” que se encuentra ubicado por Blvd. Guadalajara, Colonia Mesa, en Tijuana, Baja California, México.

Coordenadas geográficas: 32°28'51.9"N 116°57'54.9"W

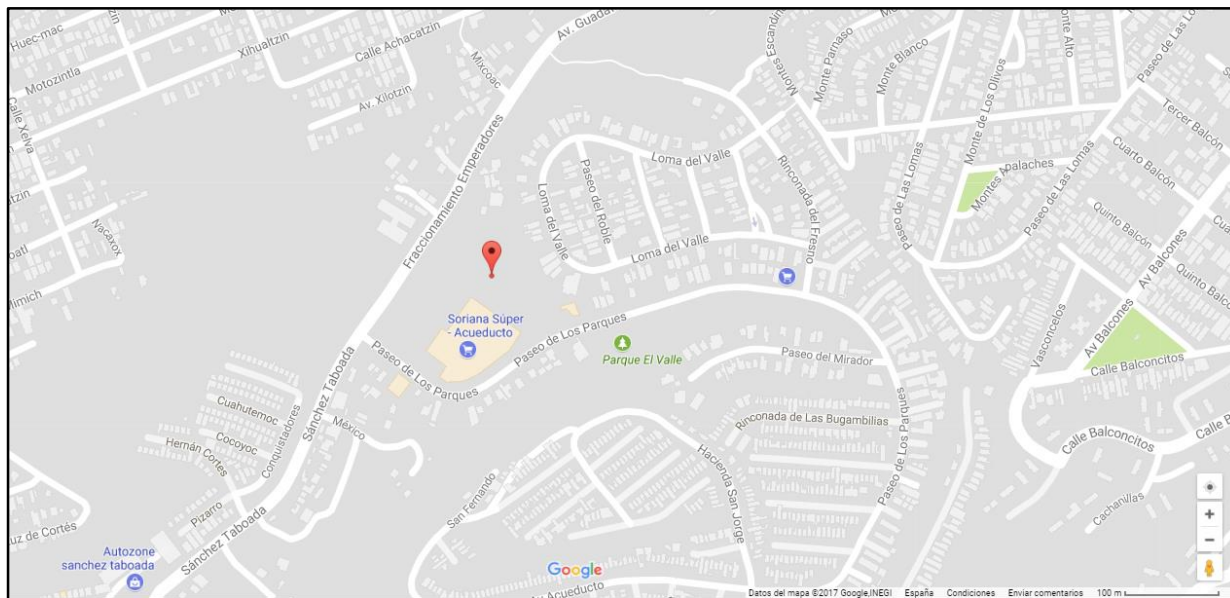


Figura 16. Mapa de la ciudad con la ubicación del proyecto "Acueducto".

Nota fuente: Google Maps, modificado por el autor, 2017



Figura 17. Imagen satelital del área del proyecto "Acueducto"

Nota fuente: Google Earth, modificado por el autor de proyecto 2017

3.1.1.4 Antecedentes de los proyectos. El proyecto Privada del bosque nace en el año 2000, con la idea de un arquitecto de la ciudad de Nueva York, con familia en Tijuana, quien realiza los planos arquitectónicos de las viviendas que a lo largo del área tienen una estructura escalonada, con el objetivo de que en la parte superior del predio se construyan unos bungalós con vista a la ciudad y en la zona intermedia y baja del predio casas de un nivel económico medio.

La constructora que retoma el proyecto, después de muchos años sin ejecución, se da cuenta que este presentaba problemas geotécnicos que no se tenían contemplados, es ahí cuando la constructora se pone en contacto con el Grupo ITEICO para que se hiciera la respectiva revisión geotécnica y se propusieran soluciones a los problemas generados en el proyecto.

El proyecto “Acueducto” nace como una urbanización en proyección que la cadena Soriana, contempla cerca a uno de sus supermercados; es decir, Soriana tiene un convenio con el Grupo Arnaiz, constructora con muchos años de experiencia a nivel mundial y propone realizar la construcción de casas habitacionales, bajo el típico modelo de las privadas de la ciudad de Tijuana, que consiste en una calle central con casas a los lados, en un predio continuo a su supermercado.

Anteriormente el lugar que se tiene para la realización del proyecto era un vertedero, por lo que su suelo es un relleno producto de muchos años botando basura ahí, haciendo que el terreno sea muy malo, es decir, muy deformable, fue así como esta obra estuvo parada por un largo tiempo, sin que los estudios y consultorías realizadas antes no presentaran una solución al

problema de asentamientos producidos a causa de su condición de relleno (basuras), y la alternativa que creían ser la más viable era muy costosas, haciendo que se saliera del presupuesto del proyecto.

Fue así como se ponen en contacto con el Grupo Itenco, para que se haga un estudio geotécnico y se saquen los parámetros, para el estudio de deformación y asentamientos y presenten alternativas viables y económicas.

3.1.1.5 Objetivo de los proyectos. Para el primer proyecto se tiene como objetivo, analizar la estabilidad del terreno en laderas, taludes, terrazas y estructuras de contención del proyecto “Privada del Bosque”, en Tijuana, Baja California, México; esto con el propósito de alcanzar las actividades correspondientes al evaluó de los efectos de los factores desencadenantes de la inestabilidad.

Y para el segundo, como principal objetivo se tiene analizar la estabilidad de taludes y del terreno de cimentación en el Fraccionamiento “Acueducto” con el propósito de modelar, simular y evaluar su capacidad resistente y deformabilidad en condiciones estáticas y dinámicas; y proponer, de ser necesario, sistemas de estabilización y/o de mejoramiento del terreno para garantizar la seguridad del proyecto.

3.1.1.6 Descripción del proyecto “Privada del bosque”. El proyecto que se contempla en el área mostrada en la Figura 18 es la urbanización del predio de 1.5 Ha de superficie aproximada, creando plataformas de lotificación para la construcción de casas habitacionales, así como una vialidad en común que conecta con la Av. del bosque y un estacionamiento con salida a la calle del Ébano.

Serán preparadas al menos 24 plataformas de lotificación con superficies de orden de 151.30 m^2 a 175.10 m^2 sobre las cuales se desarrollarán construcciones ligeras de dos niveles máximo, transmitiendo al subsuelo esfuerzos del orden de menos de 8 ton/m^2 , estructuradas seguramente a base de muros de carga de bloque de concreto vibro-comprimido y losas aligeradas de viguetas y bovedilla (Geocimentaciones de Tijuana S de R.L de C.V, 2017).

En la Figura 18 se observa la delimitación del área de estudio, y mas adelante en las Figura 19 y Figura 20 las proyecciones arquitectónicas que se tienen del lugar.



Figura 18. Delimitación del área de estudio

Nota fuente: Google Maps, modificado por el autor, 2017.



Figura 19. Proyección en 3D del Proyecto Privada del Bosque.

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano, 2017.



Figura 20. Proyección de los bungalós

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano, 2017

3.1.1.6 Fisiografía del lugar del proyecto “Privada del bosque”. El predio se ubica en una zona de lomeríos fuertes del sur de la ciudad; este posee una pendiente orientada aproximadamente de norte a sur existiendo un desnivel del orden de 40 m entre el punto más alto y el más bajo, como se observa en la Figura 21 y Figura 22, cabe destacar que el predio se encuentra circundado por construcciones habitacionales, como se muestra en la imagen satelital del proyecto (Ver Figura 15)



Figura 21. Pendiente del terreno visto desde Recap. Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano, 2017

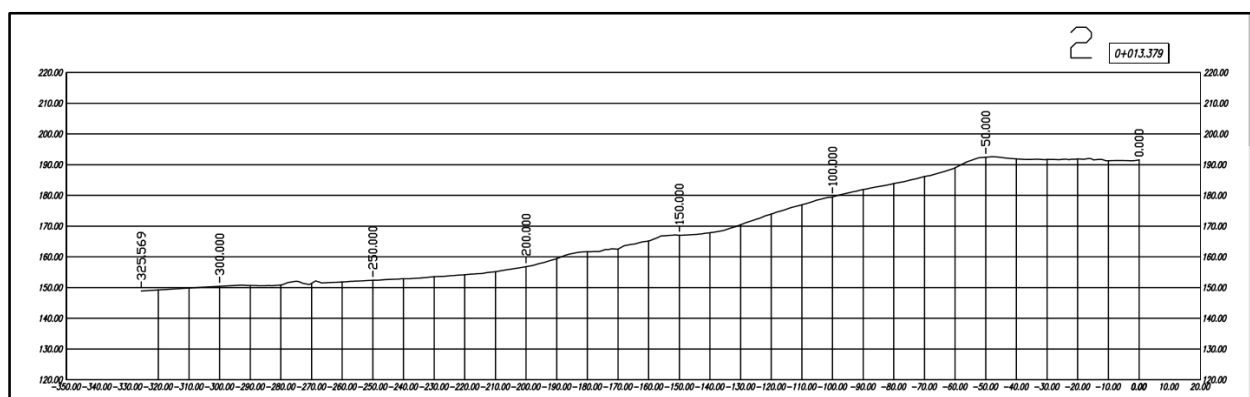


Figura 22. Perfil longitudinal del terreno. Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

3.1.1.8 Aspectos geológicos generales. Para el proyecto “privada del bosque” se dice que en la porción sur de la ciudad los lomeríos están cubiertos por “depósitos clásicos continentales” (Tc) muy firmes de coloraciones claras (amarillento), que data de finales del período terciario e inicios del cuaternario. Esta formación geológica es conocida comúnmente como “San Diego” (Miembro superior) "SDs".

El basamento del conglomerado (gravas y pequeños boleos empacados en matrices arenos-arcillosas) de origen vulcano conocido como "tobas", sedimentos de la formación “Otay” (Tta) constituidas por areniscas y lutitas de coloración claras (blancuzco) estos datan del período Terciario, época de Plioceno, se observa que bajo el conglomerado en algunas áreas, hay areniscas cementadas de la Fm. San Diego con alta compacidad y coloración amarillento-verdoso (SDi). Todas estas características están basadas en la carta geológica de la zona que se muestra en la Figura 23. (Geocimentaciones de Tijuana S de R.L de C.V, 2017).

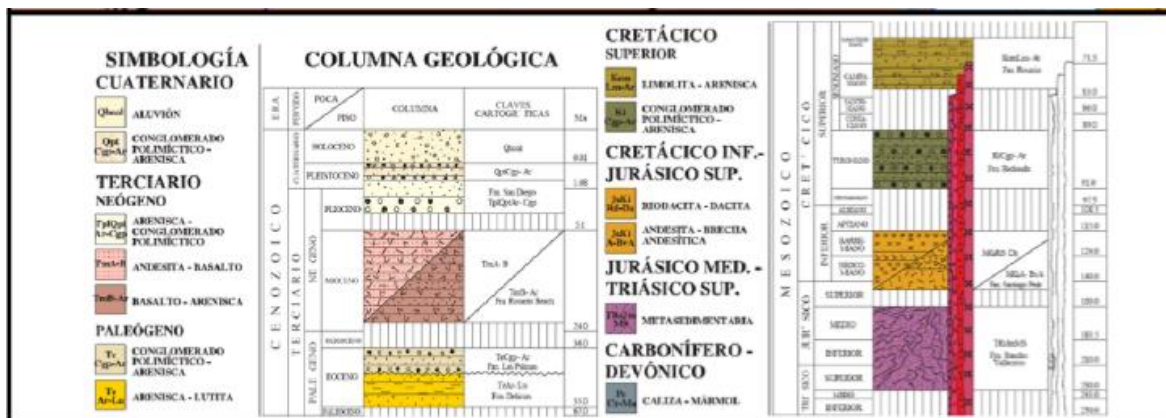
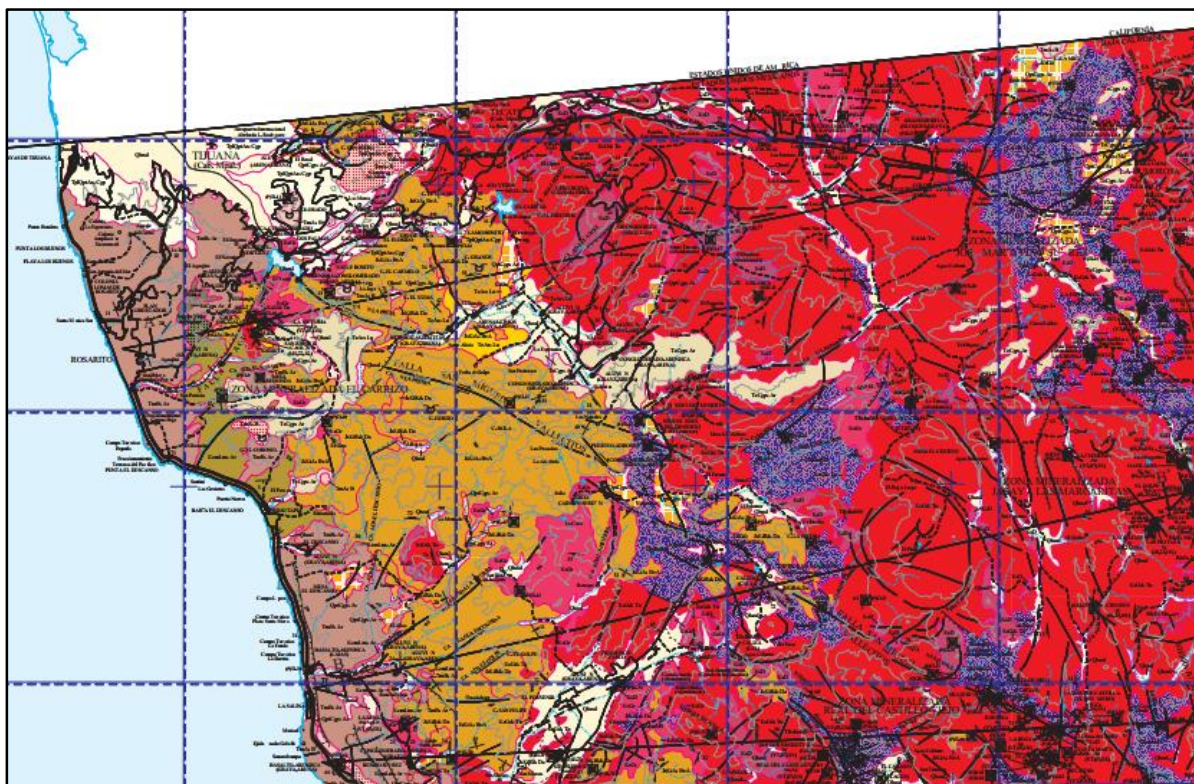


Figura 23. Carta geológica minera Tijuana I11-11 Baja California. Nota fuente: Servicio geológico mexicano, 2003

Según la carta Geológico- Minera Tijuana I11-11, se ubica el proyecto “Acueducto” dentro del Basamento-Arenisca, perteneciente al periodo Neógeno del sistema terciario, que consta de rocas depositadas que tiene lugar en los movimientos continentales más significativos de

América del Norte. En la Figura 24 se ubica el proyecto de viviendas dentro de la carta geológica.

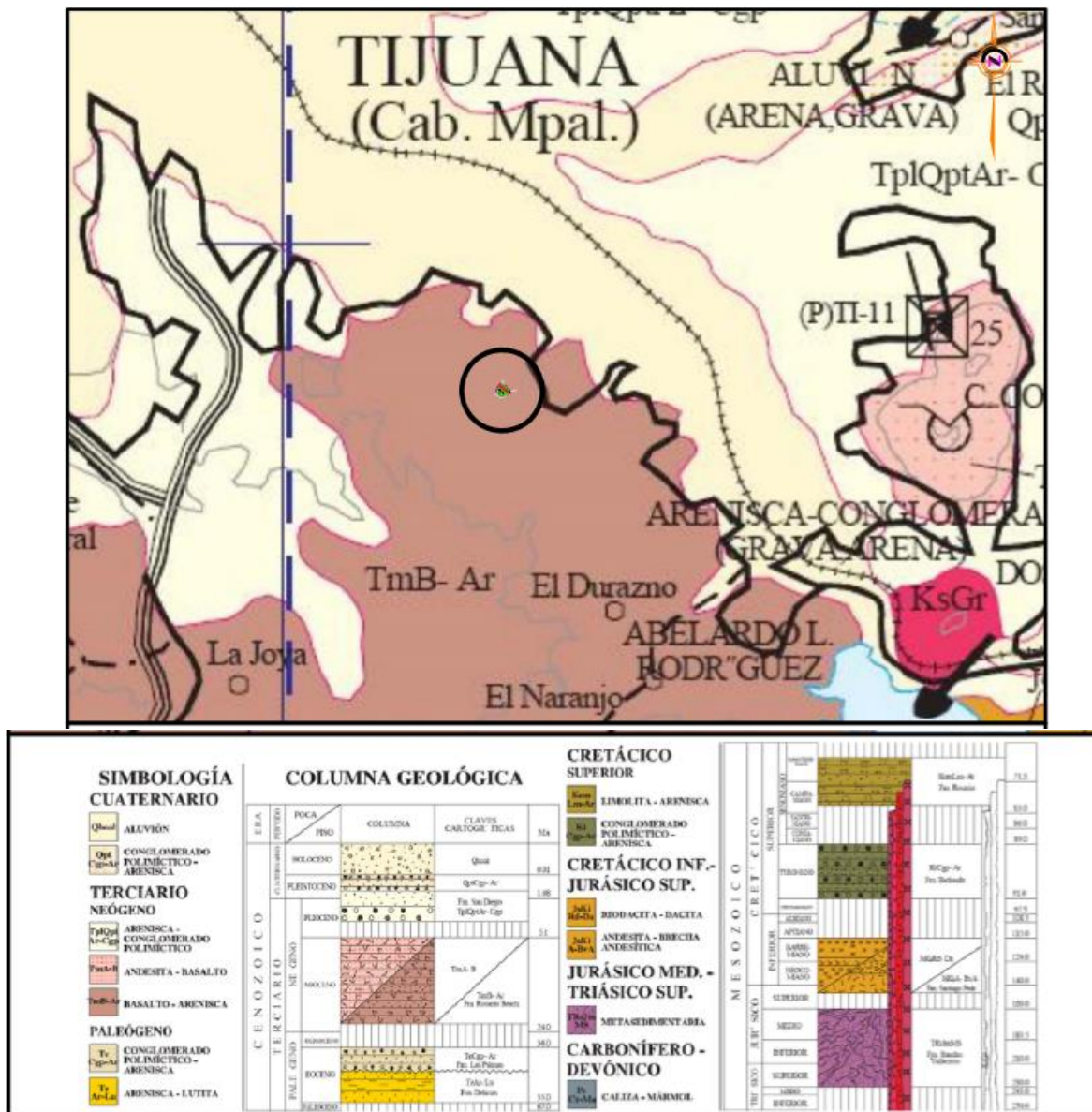


Figura 24. Carta Geológico-Minera Tijuana II1-11.

Nota fuente: Servicio Geológico Mexicano, modificado por autor del proyecto, 2017

Se detectó que cerca del predio no hay traza de una falla o contacto geológico que pudiera poner en riesgo el terreno, sin embargo, para seleccionar los coeficientes sísmicos de diseño debe tomarse en cuenta que la principal fuente sísmica corresponde a la falla “Cañón de la Rosa”, en cuyo historial figuran sismos mayores a 4,2° Richter, y su ubicación es más de 15 millas al norte del lugar de estudio. Así mismo puede considerarse que el tipo de perfil de suelo es de transición o tipo II (Geocimentaciones de Tijuana S de R.L de C.V, 2017).

3.1.1.10 Exploración, prueba y muestreo de suelos para el proyecto “Privada del bosque”. Para este proyecto se realizaron 20 sondeos, los cuales se distribuyeron a lo largo del predio como se muestra en la Figura 26, de los cuales 19 fueron del tipo Pozos de Cielo Abierto (PCA) realizados con máquina retroexcavadora Case 580 a profundidades entre 2,20 m y 6,30 m (Ver. Figura 27, Figura 28 y Figura 29); así como 1 sondeo con perforadora mecánica "CME55" y equipo para penetración estándar (ASTM D1586) llevado a 7 m de profundidad, mostrado en la Figura 30.

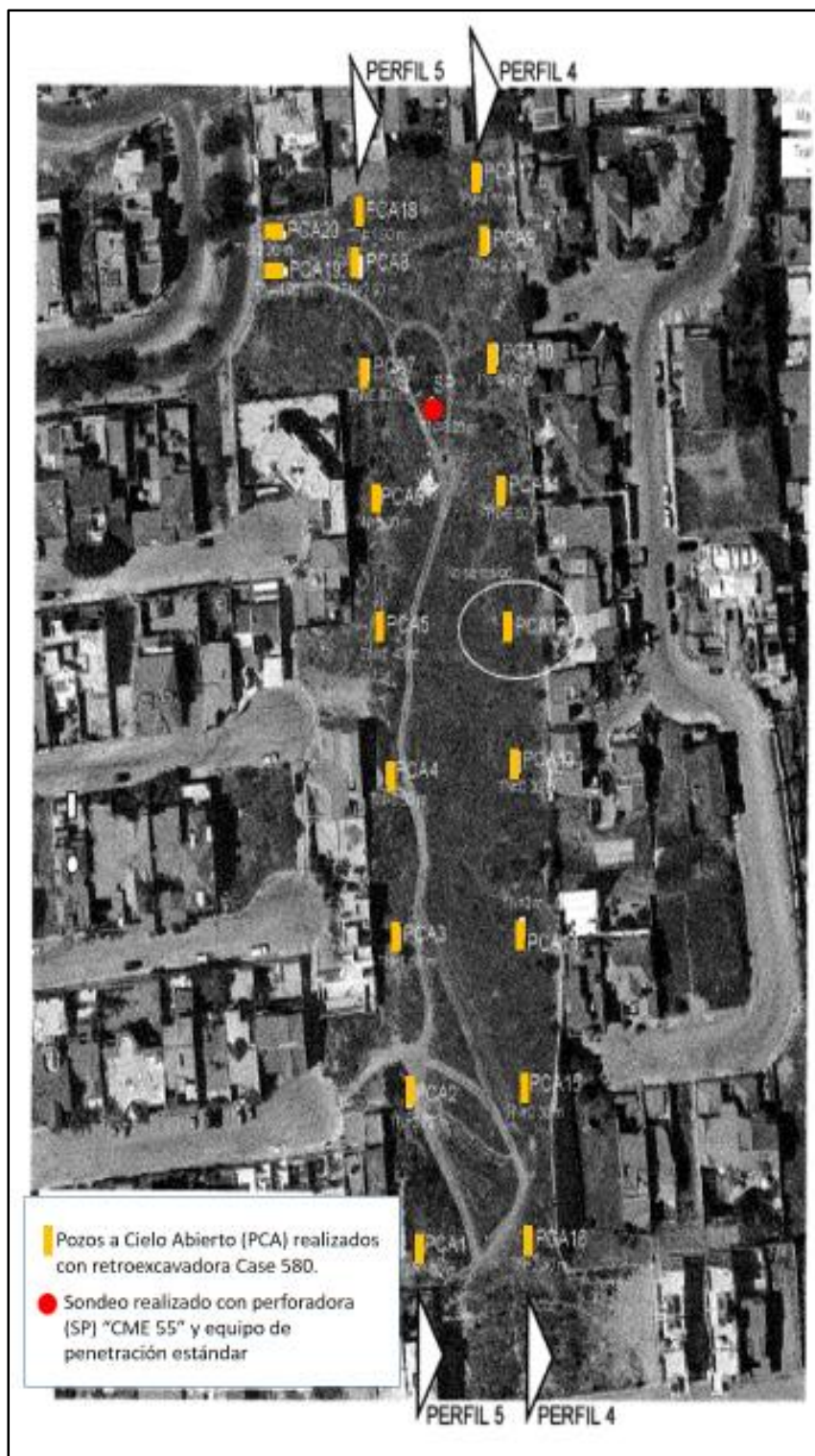


Figura 26. Ubicación de los sondeos en el predio

Nota fuente: Geocimentaciones de Tijuana S. de R.L de C.V, 2017



Figura 27. Tipo Pozos de Cielo Abierto (PCA)

Nota fuente: Geocimentaciones



Figura 28. Pozos de Cielo Abierto realizados con máquina retroexcavadora

Nota fuente: Geocimentaciones

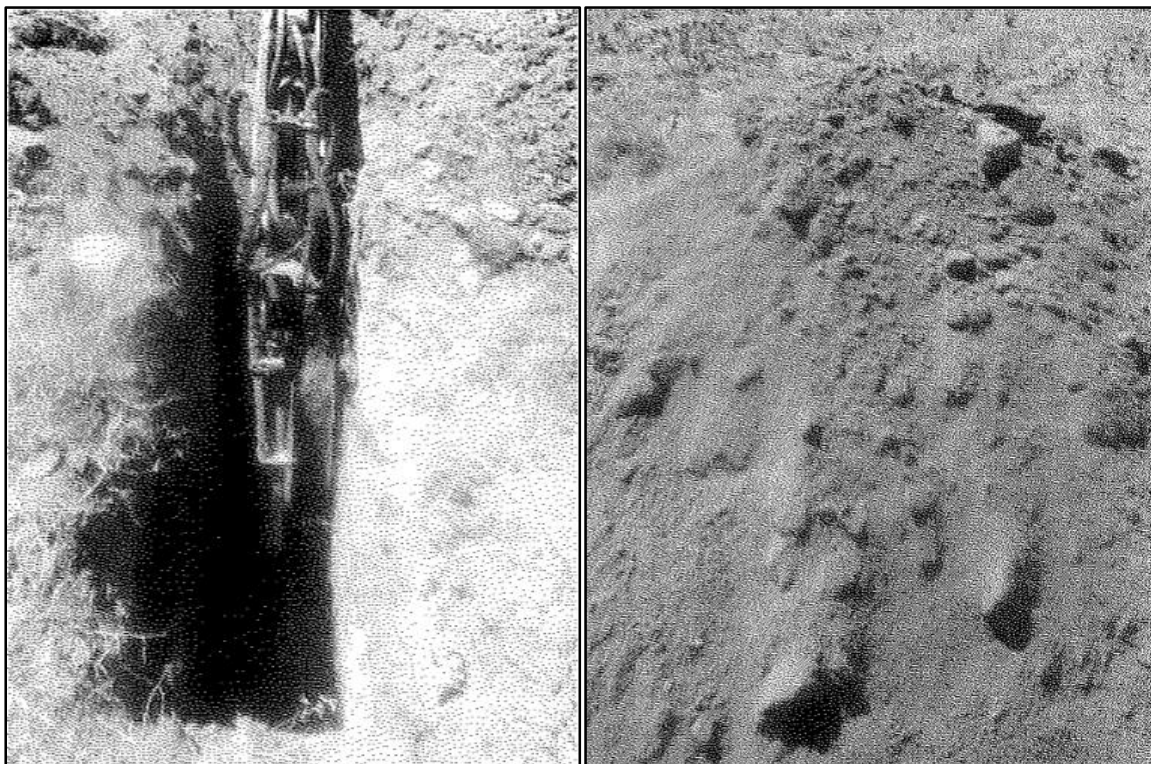


Figura 29. Pozo y material extraído

Nota fuente: Geocimentaciones



Figura 30. Sondeo con perforadora mecánica "CME55"

Nota fuente: Geocimentaciones

En el **Apéndice A**, se encuentran los resultados arrojados de los sondeos realizados en el predio anteriormente descrito, llegando así a la conclusión que el sitio se compone de suelos de

relleno, exceptuando la parte sureste, en donde los espesores de rellenos fueron poco importantes; en general el suelo está formado por una mezcla de arenas y arcillas con gravas y boleos que poseen baja densidad, se encontraron zonas contaminadas de basura y escombros con espesores considerables pues estos van desde 1 m hasta 5 m. Estos rellenos deberán ser removidos o bien reutilizados parcialmente, solo si la terracería así lo determina, pero la idea es garantizar un suelo ideal para la construcción de estas.

Bajo los rellenos se encuentra una capa de arcilla de color café claro y café oscuro, con gravas, de espesor variable, a la cual subyace el terreno natural constituido mayormente por un conglomerado formado por abundantes gravas y boleos pequeños, empacados en matrices de arenas arcillosas y de arcillas arenosas, color amarillento-rojizo. En la Figura 26 se muestra la posición de los sondeos y el terreno natural subyacente a los rellenos y arcillas, referenciado con un círculo en la imagen.

3.1.1.11 Pruebas de laboratorio a muestras de “Privada del bosque”. Las pruebas de laboratorio se llevaron a cabo para conocer contenidos de humedad, límites de consistencia de Atterberg (ASTM D4318), peso volumétrico y granulometrías. Las pruebas de suelo fueron debidamente clasificadas atendiendo al criterio del Sistema Unificado de Clasificación de suelos (S.U.C.S) (ASTM D2487). Algunas muestras fueron sometidas a saturación al 90% de compactación Porter a fin de determinar su Valor Relativo de Soporte (V.R.S) (Geocimentaciones de Tijuana S de R.L de C.V, 2017). Los resultados obtenidos de los laboratorios se encuentran en el Apéndice B.

Realizados los ensayos de laboratorio se determinaron los parámetros del suelo, que serán dispuestos para el futuro análisis de estabilidad, así como el diseño estructural, dichos resultados se consignan en la Tabla 4

Tabla 4

Parámetros del suelo.

Tipo de suelo	Ángulo de fricción interna (ϕ)	Peso vol. Humedad (λ_h)	Cohesión (c)	K_a	K_p	K_o	δ
Terreno natural:							
Conglomerado formado por gravas y boleas de hasta 6" de diámetro, empacados en matrices de arenas arcillosas color café claro- verdoso	28°	1,950 Kg/m ³	0,25 Kg/cm ²	0,36	2,77	0,53	0,35
Terreno natural:							
Arenas arcillosas de alta compacidad, color café claro- amarillento. Arenas arcillosas, de color café claro-grisáceo.	25°	1,825 Kg/m ³	0,35 Kg/cm ²	0,41	2,46	0,58	0,30

Nota: K_a , K_p y K_o Son los coeficientes de empuje pasivo, activo y en reposo, respectivamente, para las condiciones de $\alpha=90^\circ$ y $\beta=0$. δ es el coeficiente de fricción entre el suelo natural y el concreto de la cimentación. Fuente: Geocimentaciones de Tijuana S. de R.L de C.V.

3.1.1.12 Revisión de la consultoría geotécnica-geofísica del proyecto "Acueducto". En esta etapa se revisó y analizó la información proporcionada por el cliente, que consistió en un estudio geotécnico-geofísico, realizado por MUROTEC, S. DE R. L. DE C. V., Siendo este un informe que contiene información de índole geofísico aplicable al ámbito de la ingeniería geotécnica, para el desarrollo urbano ubicado en el Blvd. Guadalajara, en la Colonia Mesa, en la ciudad de Tijuana; Baja California; México, que corresponde al fraccionamiento Acueducto.

Estas actividades para la obtención de los datos del estudio geotécnico-geofísico fueron realizadas por MURROTEC, S. DE R. L. DE C. V, consisten en:

- *trabajo de campo*

- 1.- Reconocimiento geológico-geotécnico del sitio.
- 2.- La ejecución de tres (3) líneas de tendidos de refracción sísmica, para la obtención de perfiles tomográficos de velocidades de ondas compresionales V_s , en dos dimensiones (2D).
- 3.- La ejecución de tres (3) líneas de levantamientos geosísmicos, para efectuar lecturas de ondas superficiales mediante la técnica de fuente activa MASW, para la obtención de perfiles tomográficos de velocidades de cortante “ V_s ”, en dos dimensiones (2D).

- *Trabajo de oficina*

1. Georeferenciación del sitio en las cartas geológicas regionales, para conocer los rasgos geológicos y tectónicos del sitio.
- 2.- Determinación del comportamiento sismoestratigráfico de velocidades de ondas compresionales V_p de los suelos, a una profundidad promedio del orden de 25 metros, a lo largo de los tendidos medidos.
- 3.- Determinación del comportamiento sismoestratigráfico de velocidades de ondas de cortante V_s de los suelos, a una profundidad promedio del orden de 25 metros, a lo largo de los tendidos medidos.
- 4.- Perfiles sismoestratigráficos del sitio con la clasificación de clase del sitio de acuerdo al criterio del IBC 2006.
- 5.- Perfiles sismoestratigráficos de velocidades de ondas de cortante convertidos a valores de N del ensayo de resistencia a la penetración estándar N, de acuerdo al criterio del IBC 2006.

6.- Perfiles sismoestratigráficos del sitio con la clasificación del macizo rocoso por su dificultad de escarificación por el criterio de CALTRANS.

7.- Estimación de los Módulos elásticos dinámicos y correlaciones con la capacidad de carga del sitio.

3.1.1.13 Estudio geotécnico complementario al proyecto “Acueducto”. A partir de la interpretación y análisis de los resultados de trabajos anteriormente descritos, se propuso un estudio geotécnico complementario para realizar una caracterización a detalle del terreno en zonas identificadas como potencialmente inestables y deformables.

El estudio realizado tuvo como objetivos explorar, tomar muestras, hacer pruebas “in situ” y ensayos de laboratorio para caracterizar el terreno y obtener las propiedades físico-mecánicas, que fueron utilizadas para la modelación y análisis de la estabilidad de taludes y del terreno en la base de las cimentaciones del proyecto.

3.1.1.13.1 Trabajos de campo. Se realizaron 5 sondeos exploratorios del tipo Pozo a Cielo Abierto (PCA) por medio de retroexcavadora a profundidades de hasta 3.00 metros. En estos sondeos exploratorios se determinaron los espesores de las capas de terreno y se tomaron muestras para la obtención de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos. En las Figura 31, Figura 32, Figura 33 y Figura 34 se aprecia el proceso de excavación y obtención de muestras.



Figura 31. Sondeo del tipo Pozo a Cielo Abierto (PCA) con retroexcavadora.

Nota fuente: Geo Servicios



Figura 32. Calicata de 3 metros para obtención de muestras.

Nota fuente: Geo Servicios



Figura 33. Muestras extraídas de los sondeos.

Nota fuente: Geo servicios



Figura 34. Hallazgo de relleno de basura y exploración en el talud.

Nota fuente: Geo Servicios

Se realizaron 3 sondeos exploratorios con equipo de penetración estándar ASTM D1586 hasta la profundidad donde se alcanzaron las condiciones de alta dificultad de excavación (rechazo). A partir de estas pruebas se caracterizaron los materiales y estimaron diferentes parámetros físicos y mecánicos de los mismos. (Ver. Figura 35, Figura 36 y Figura 37)



Figura 35. Primer sondeo con prueba de penetración estándar y su respectiva muestra

Nota fuente: Geo Servicios



Figura 36. Sondeo 2 con prueba de penetración estándar y su respectiva muestra

Nota fuente: Geo Servicios



Figura 37. Sondeo 3 con prueba de penetración estándar y su respectiva muestra

Nota fuente: Geo Servicios

Se obtuvieron y aseguraron muestras representativas de los diferentes estratos superficiales para determinar las condiciones generales del subsuelo, las cuales fueron trasladadas al laboratorio donde se realizaron los ensayos correspondientes.

Se obtuvo el corte estratigráfico de cada sondeo exploratorio de forma visual, clasificándolos de acuerdo a la Norma ASTM D 2488 Procedimiento Manual para Descripción e Identificación de Suelos. Así, se identificaron los espesores de los diferentes tipos de materiales subyacentes y muestras aseguradas, entre otros detalles de la investigación.

La posición de cada sondeo exploratorio fue registrada mediante un dispositivo geoposicionador (GPS) de mano, y en coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) en WGS84.

3.1.1.13.2 Ensayos de laboratorio. Las muestras obtenidas fueron sujetas a las siguientes pruebas de laboratorio:

- Prueba de corte directo Norma ASTM D3080 para obtener parámetros del suelo.
- Prueba Proctor modificada. Peso volumétrico seco máximo y humedad óptima.

Los resultados arrojados de las pruebas de laboratorio se encuentran en el Apéndice B

De los resultados de estas pruebas se caracteriza el suelo como, arcillas de color café oscuro con carbonatos de grano fino, húmedas ángulo de fricción = 10.5° , Cohesión = 22 Kpa y Peso específico húmedo entre 18.21 – 18.53 KN/m³

3.1.2 Delimitación de las áreas de estudio. En esta etapa, como ya se conocían las características del terreno obtenidas de los estudios geotécnicos y de igual manera se tenían los planos arquitectónicos de uno de los proyectos (Ver Apéndice C), el Grupo Iteico Euroamericano hace una topografía actualizada y un vuelo con drone para obtener un levantamiento fotogramétrico del área de estudio. El procedimiento que se llevó a cabo se describe a continuación.

3.1.2.1 Levantamiento topográfico al predio de “Privada del bosque”. El equipo del departamento técnico de Iteico hizo una topografía actualizada del área a desarrollar el proyecto, ubicando los puntos de control georreferenciados que se consignan en la Tabla 5 y conformando la poligonal base.

Los puntos fueron ubicados y la poligonal base conformada con el uso de una estación total cuyas características se especifican en la Tabla 6

, se revisa que ambos estén ligados a puntos de la red terciaria del municipio de Tijuana.

En la Figura 38 se observa la demarcación de unos de los puntos de control por parte del equipo técnico de Iteico Euroamericano.



Figura 38. Demarcación de los puntos de control

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

Tabla 5*Puntos de control*

Punto	X	Y	Z
1	499.029.530	3.595.913.660	193.648
2	499.051.320	3.595.920.610	191.473
3	499.064.980	3.595.927.610	188.918
4	499.054.670	3.595.974.710	178.505
5	499.030.810	3.595.968.140	178.344
6	499.022.860	3.596.039.270	162.91
7	499.045.790	3.596.041.220	161.341
8	499.045.010	3.596.110.840	153.535
9	499.021.790	3.596.113.750	152.479
10	499.036.163	3.595.867.486	193.519

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

Tabla 6*Características de la estación total*

MARCA	MODELO
SOKKIA	SET610K

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

Del levantamiento topográfico plani-altimétrico se obtuvo la planta topográfica general que se muestra en la Figura 39. Para mayor detalle Ver Apéndice D

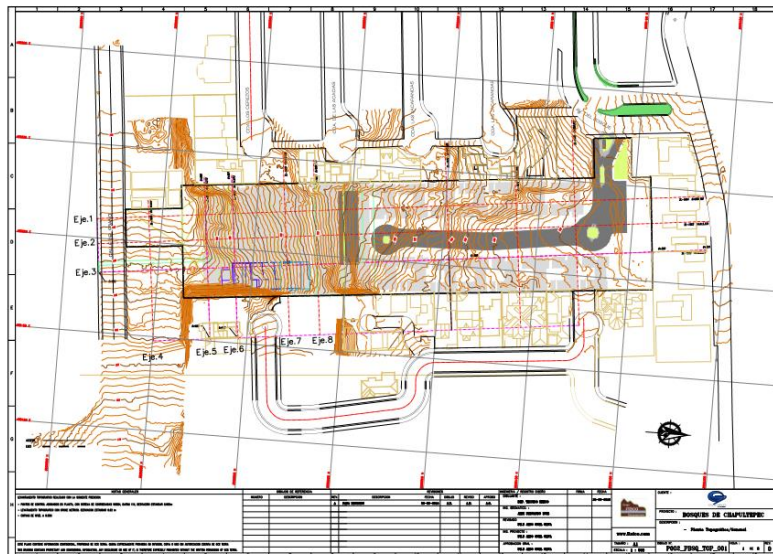


Figura 39. Planta topográfica general

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

3.1.2.2 Levantamiento topográfico al predio de “Acueducto”. Se realizó una topografía del área con el equipo del departamento técnico de Iteico ubicando los puntos de control georreferenciados, dichas marcas se hacen en el terreno con el uso de una estación total (Ver. Tabla 6), y están ligados a puntos de la red terciaria del municipio de Tijuana.

Se colocaron 18 puntos distribuidos en el área de estudio, los cuales fueron identificados con letra desde la “A” hasta la “T” (Figura 40).



Figura 40. Ubicación de puntos georreferenciados

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano



Figura 41. Representación de un punto de control en terreno

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**Figura 41 se observa la representación de uno de los puntos de control ubicados en el terreno por parte del equipo técnico de Iteico Euroamericano, correspondiente este al punto nombrado “s”.

Del levantamiento topográfico se obtuvo un plano topográfico escala 1:1000, observable en la Figura 42. Se puede apreciar con mayor detalle en el Apéndice D.

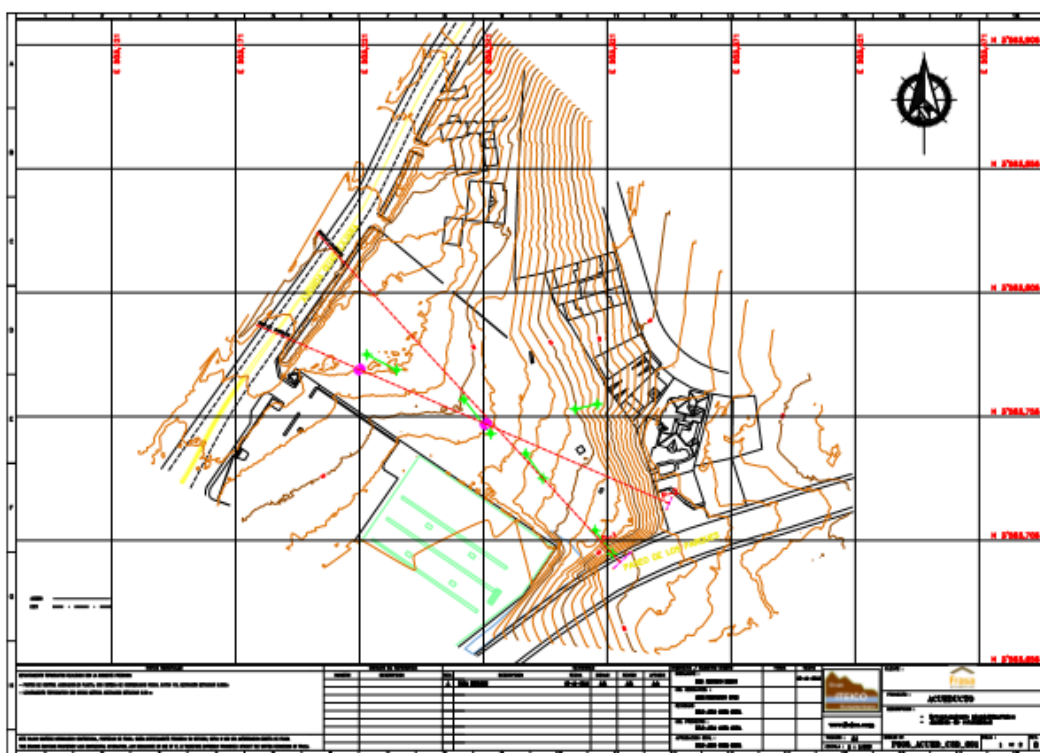


Figura 42. Planta topográfica general “Acueducto”

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

3.1.2.2 Levantamiento fotogramétrico “Privada del bosque”. El levantamiento fotogramétrico se realizó haciendo uso del Drone UAV métrico (equipo que se puede apreciar en la Figura 43), con las características que se muestran en la Tabla 7 ejecutándose un plan de vuelo y la toma de imágenes que dan como resultado una ortofoto georreferenciada al sistema geodésico mexicano (Ver. Figura 44), una nube de puntos y el modelo en 3D. (Ver. Figura 45). Los parámetros que necesita la aplicación para ejecutar el vuelo del drone en su totalidad son: el tiempo de vuelo, la altura de vuelo, cantidad de fotografías, porcentaje de empalme de fotografías, y estar conectado mínimo a 3 satélites.



Figura 43. Equipo usado en el levantamiento fotogramétrico

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

Tabla 7*Características del dron*

Marca	DJI
Modelo	Phanton 4
Características	Modo GPS:GPS / GLONASS Sensor: 1/2.3" Píxeles 12.4M Tamaño Máx. de Imagen:4000×3000 Video formato: 3840×2160 (4K) 24 / 25 / 30p 2704×1520 (2.7K) 24 / 25 / 30p FHD: 1920×1080 50 / 60 / 120p HD: 1280×720 24 / 25 / 30 / 48 / 50 / 60p

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano



Figura 44. Ortofoto georreferenciada

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano, 2016

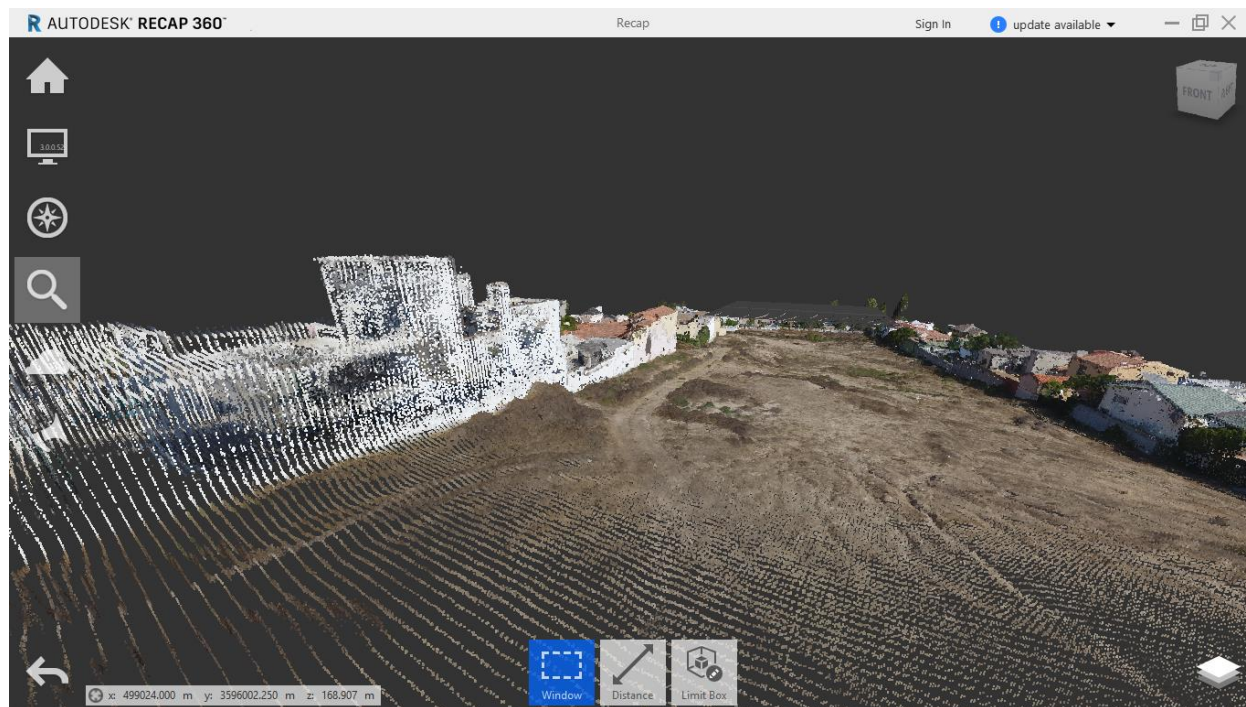


Figura 45. Nube de puntos

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

3.1.5.2 Levantamiento fotogramétrico a “Acueducto”. El levantamiento fotogramétrico se realizó con el uso de Drone UAV métrico, con el que se diseñó y ejecutó un plan de vuelo donde fueron definidos, entre otros parámetros, un total de 2 vuelos, 280 fotografías y la ruta de vuelo a seguir. La Figura 46 muestra la ruta de vuelos y posiciones de fotografías.

De este proceso se obtuvo orto foto georreferenciada al sistema geodésico mexicano. En la Tabla 7 están consignadas las características del Drone.

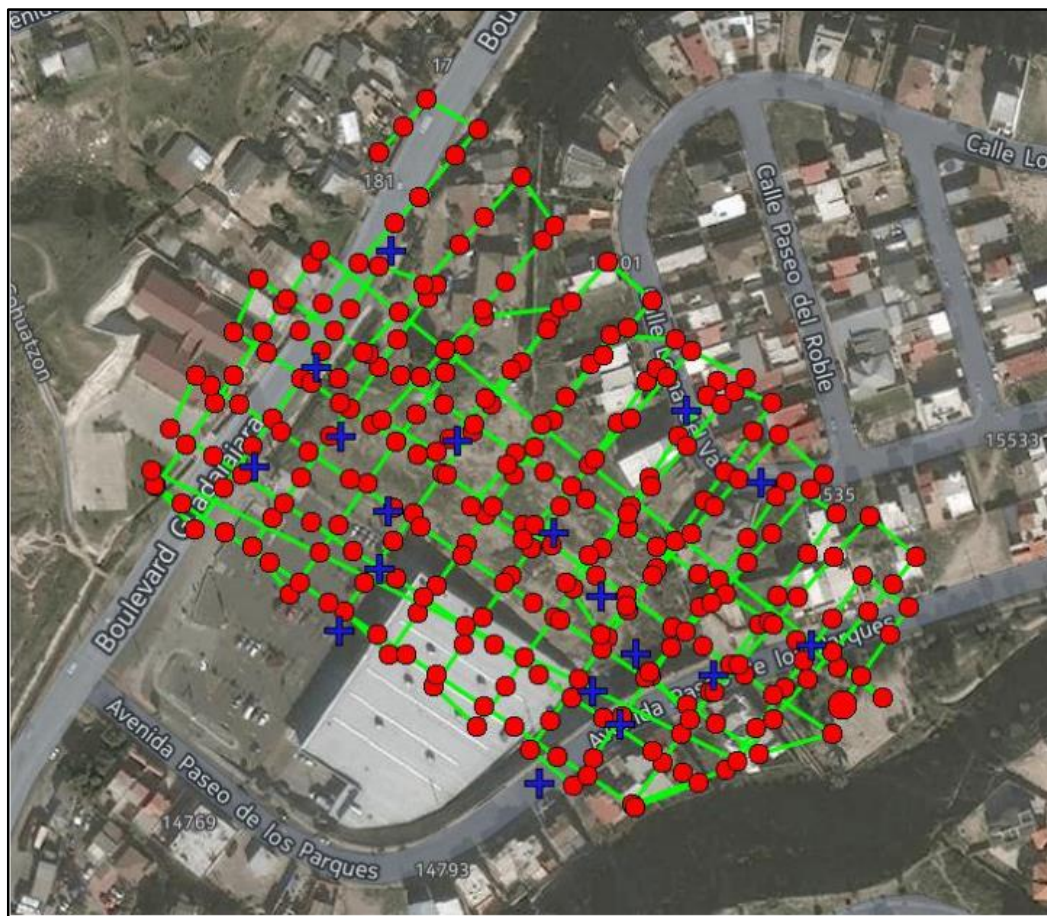


Figura 46. Posición de fotografías (puntos rojos) y rutas del vuelo (líneas verdes).

Nota fuente: Grupo Iteico euroamericano

A través de restitución utilizando el software Pix4d se obtuvo el modelo 3D del predio y de los objetos del entorno. De este modo se tiene la ortofoto georreferenciada mostrada en la Figura 47.



Figura 47. Ortofoto georreferenciada del proyecto “Acueducto”

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

Profundizar conocimientos sobre la evaluación de la estabilidad en áreas potencialmente inestables.

3.1.3 Evaluación de la estabilidad.

A partir de los resultados del levantamiento fotogramétrico y del estudio geotécnico, se conformaron los perfiles estratigráficos en el predio de “Privada del bosque”, que constituyen modelos para el análisis de la estabilidad. Se analizaron 11 perfiles (ejes) ubicados de forma transversal y longitudinalmente en todo el terreno, como se muestra en la Figura 48.

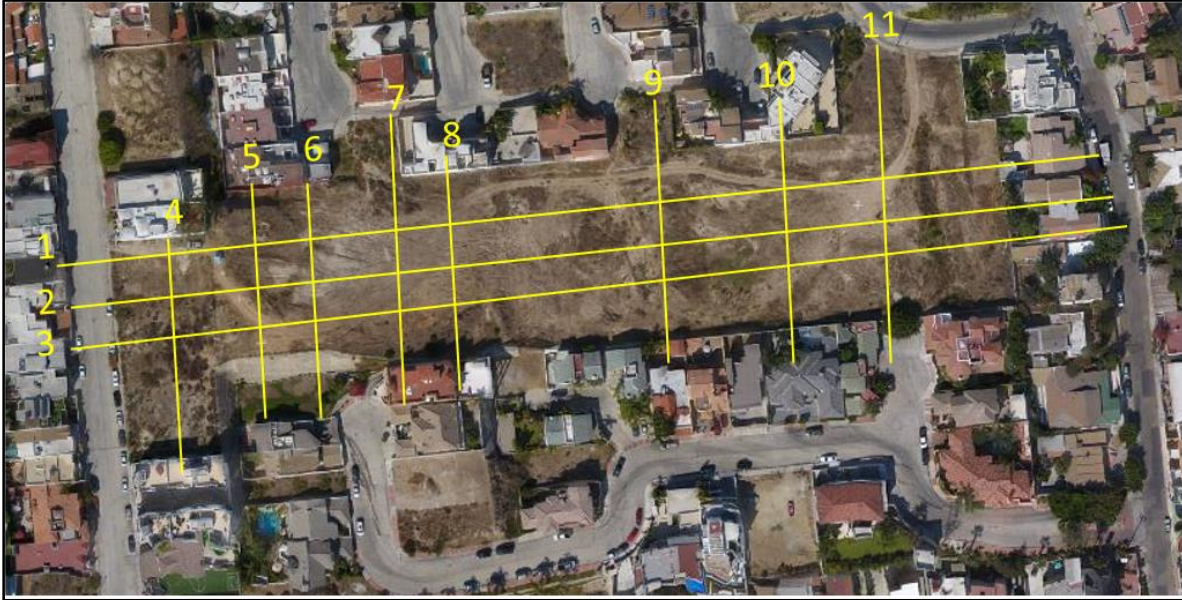


Figura 48. Ubicación de los perfiles en el predio

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

A partir de los resultados del levantamiento fotogramétrico y de los estudios geotécnicos, se conformaron los perfiles estratigráficos que constituyen modelos para el análisis de la estabilidad de taludes y del terreno en la base de las cimentaciones para el proyecto “Acueducto”. En este proyecto en particular se analizaron 2 perfiles ubicados a lo largo del predio nombrados como perfil 01 y perfil 02, así como se muestra en la Figura 49.

En este paso se utiliza la herramienta AutoCAD dibujando sobre la topografía obtenida, los perfiles a analizar.

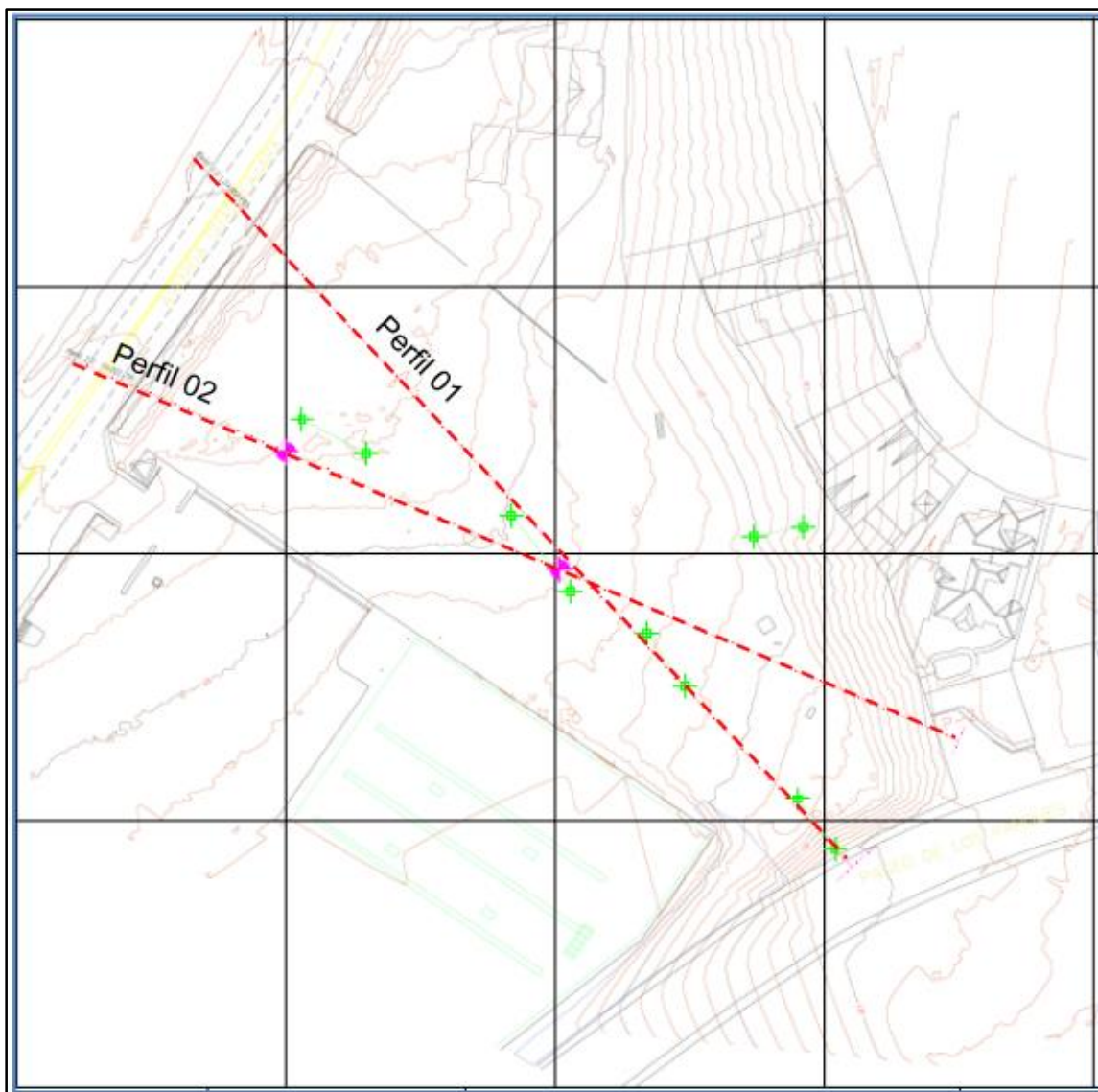


Figura 49. Ubicación de perfiles para análisis de estabilidad en el área de estudio

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

3.1.3.1 Desarrollo de un modelo geotécnico del proyecto “Privada del bosque”. El primer paso en la evaluación de la estabilidad de un talud consiste en desarrollar un modelo geotécnico que integre la información disponible: topografía, estratificación del suelo, y perfiles. De esta manera para el análisis, se elaboró un modelo tridimensional de la zona de estudio, a partir de la implantación del proyecto arquitectónico en el terreno donde se ejecutará la obra, que contiene solamente los volúmenes de los edificios, esto se hizo con Auto CAD Civil 3D, utilizando el comando “extrude” a partir de la planta arquitectónica, facilitada al Grupo Iteico Euroamericano, por el proyectista. Este modelo se insertó en la topografía obtenida de los levantamientos realizados y descritos anteriormente consiguiéndose el modelo completo que fue analizado. Así, se pudo evaluar con mayor precisión la ubicación real del proyecto en el predio y se definieron las áreas de contacto terreno y estructura como se puede observar en la Figura 50. Todos estos detalles fueron tomados en cuenta para proponer soluciones geotécnicas en los taludes y estructuras de contención.

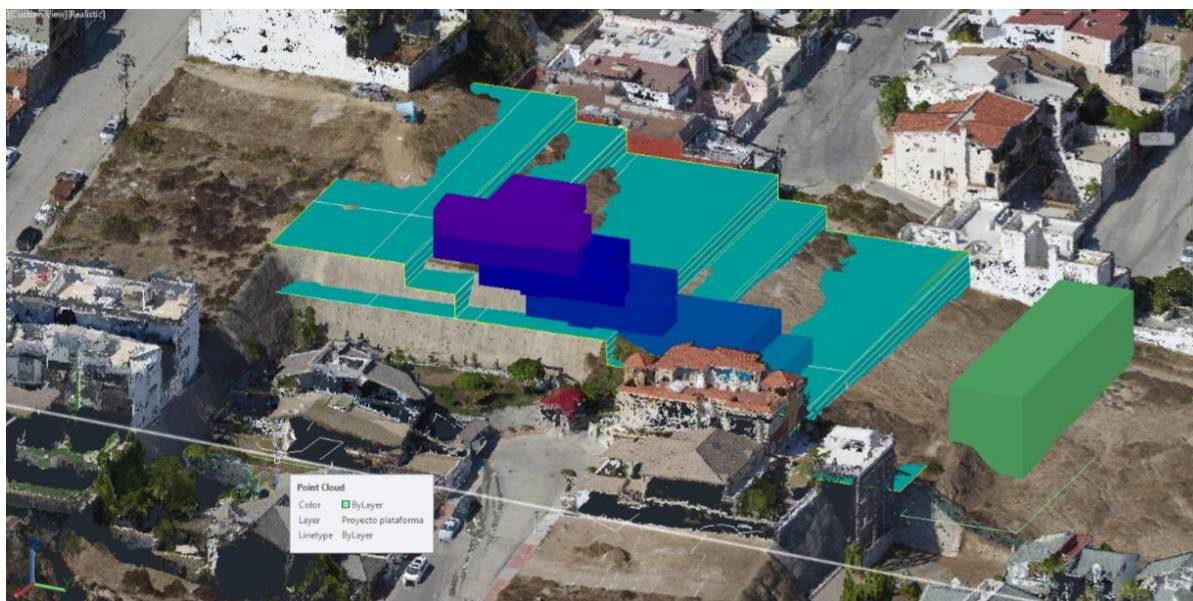


Figura 50. Modelo tridimensional de la zona de estudio. Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano, 2016

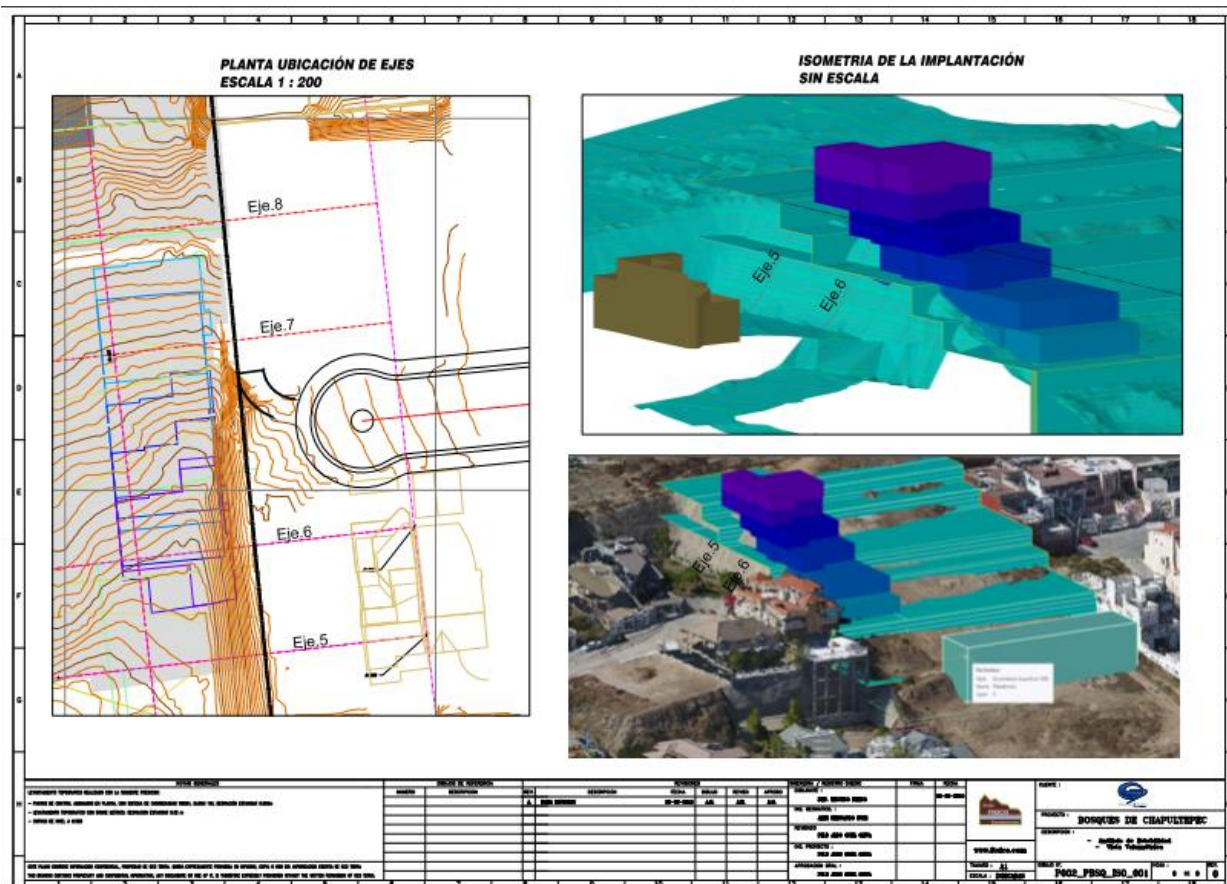


Figura 51. Isometría de la implantación

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano, 2016

Al generar un modelo tridimensional que represente la estructura sobre el terreno se aprecia una disparidad entre la distribución de plantas, el perfil, y el modelo en el piso 3 mostrada en la Figura 52, que debe ser revisada. El piso 3, no coincide con el nivel de plataforma expresado en el corte, es decir, que la planta arquitectónica se sale del terreno. Por otra parte dos sectores del Proyecto se ven afectados por taludes que se encuentran dentro de la propiedad (Ver. Figura 53). Se advierte que, en el caso de que se decida realizar las obras correspondientes a esas zonas, se requiere de un adecuado diseño geotécnico-estructural.

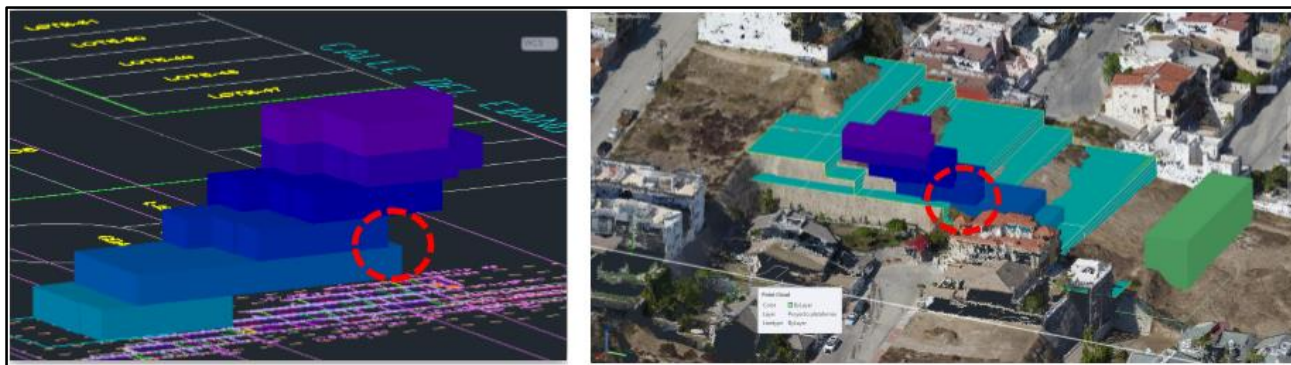


Figura 52. Detalles de discordancia en la distribución de plantas.

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

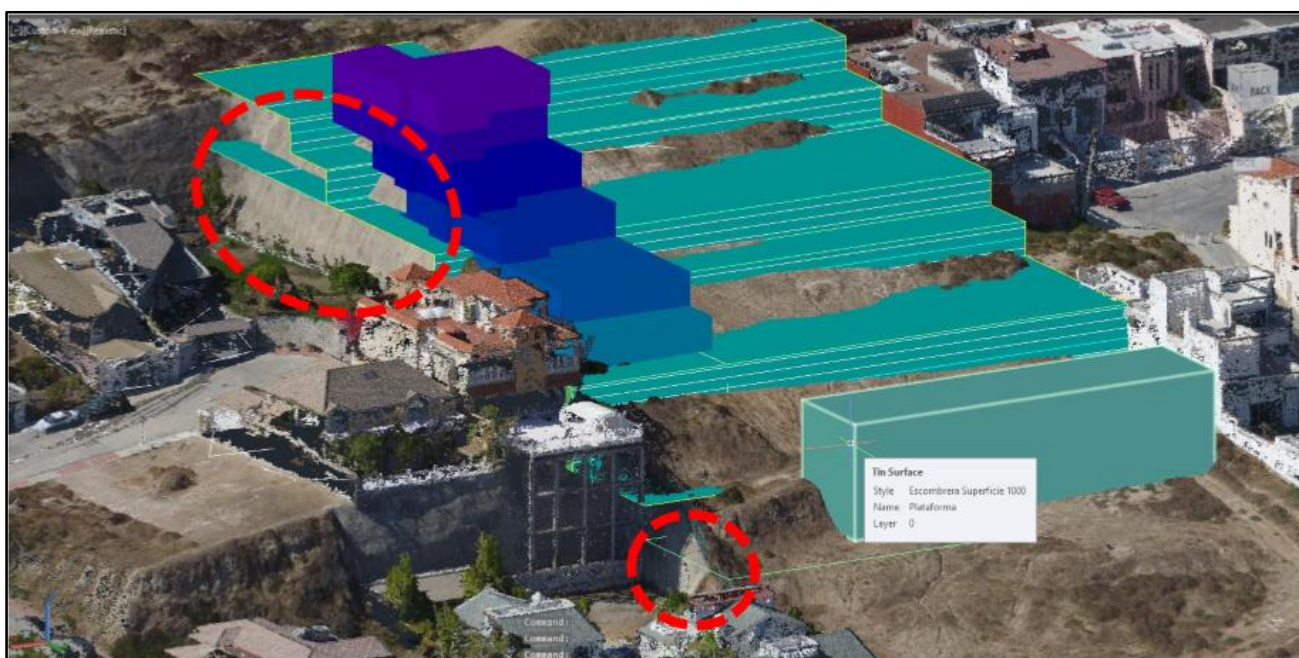


Figura 53. Afectaciones por taludes que invaden el predio del proyecto.

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

Este modelo también permitió diagnosticar una zona que generaba relleno como se muestra en la Figura 54 y que por lo tanto necesitaba una estructura de contención para que este material de hasta casi 3 metros de presión de tierra no afectara la construcción aledaña.



Figura 54. Rellenos que requieren de estructuras de contención.

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

3.1.3.2 Aplicación de métodos de análisis de estabilidad.

3.1.3.2.1 Análisis de la estabilidad de taludes utilizando métodos de equilibrio límite (estático y dinámico). En esta etapa, se aplicaron métodos de cálculo basados en el equilibrio límite de la masa de terreno potencialmente inestable, para obtener los factores de seguridad ante el deslizamiento y las superficies de falla (rotura) asociadas a los mismos en los taludes objeto de estudio (Ver. Figura 55). El software utilizado para el análisis permite utilizar una amplia gama de métodos de cálculo entre los que destacan: Ordinario, Bishop, Janbu, y Morgenstern-Price.

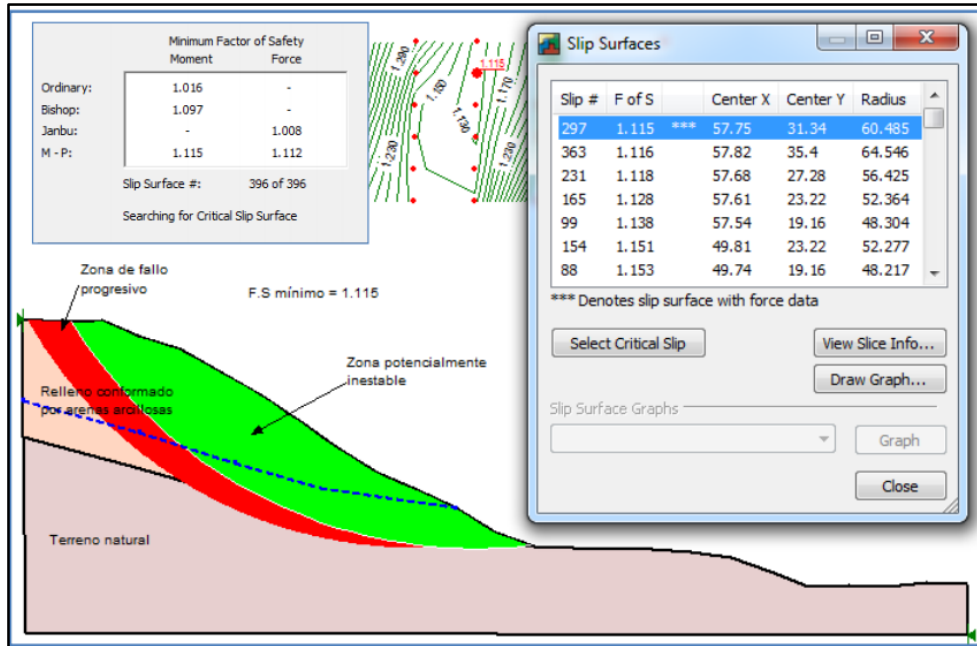


Figura 55. Ejemplo de método basado en equilibrio límite.

Nota fuente: Grupo Iteico euroamericano

3.1.3.2.2 *Análisis del comportamiento tenso-deformacional del terreno en la base de las cimentaciones.* El análisis se realizó para estimar los desplazamientos verticales (asentamientos) esperados y el comportamiento de la capacidad de carga en la zona potencialmente inestable del área de estudio (Ver. Figura 56).

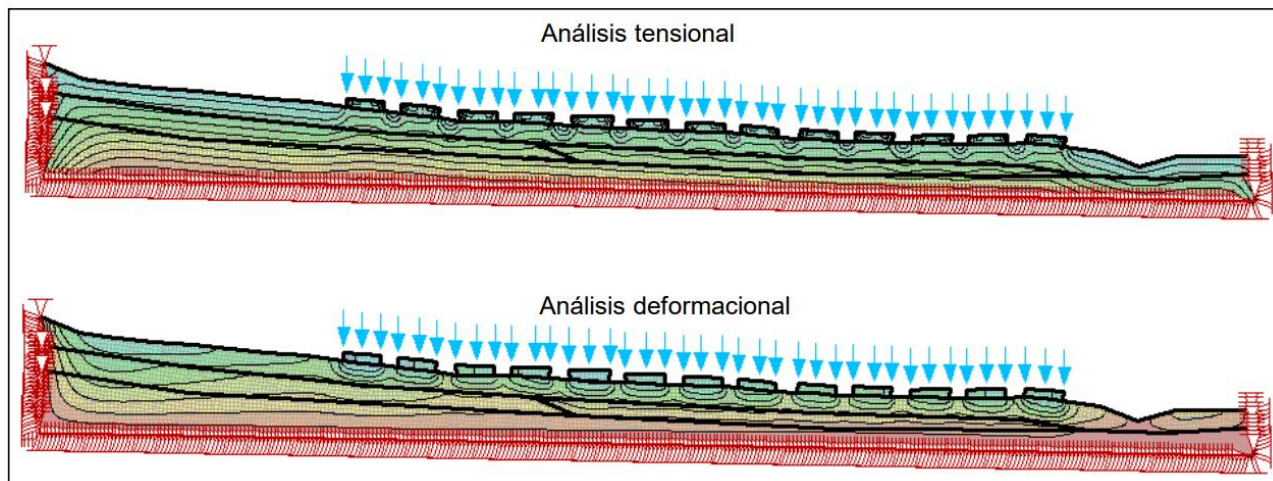


Figura 56. Ejemplo de análisis tenso-deformacional en la base de cimentaciones.

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

Para el proyecto “Privada del bosque” el análisis se realizó en dos etapas: a) considerando la topografía natural; b) considerando los cortes y terrazas propuestos en el proyecto.

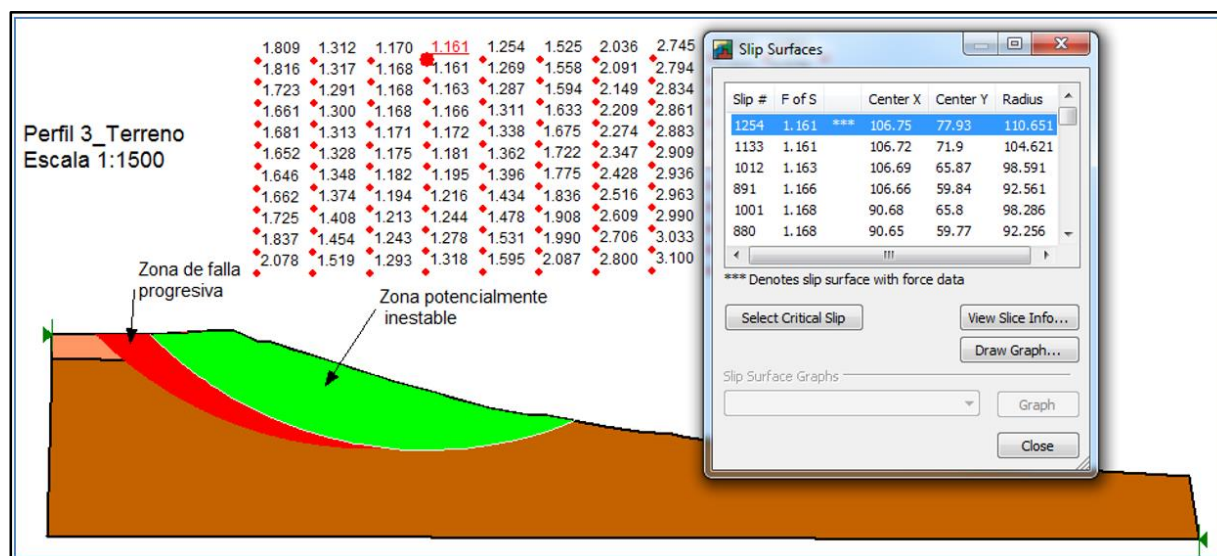


Figura 57. Ejemplo de método basado en equilibrio límite

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano, 2016

Al dividirse el análisis en dos etapas, se realizó primero un análisis de la estabilidad sin considerar las sobrecargas impuestas por las estructuras propuestas en el proyecto, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

En la Figura 58 se muestra el perfil 3 generado por las cotas del terreno obtenidas de la topografía y que es utilizado para el análisis de estabilidad; es así como en el perfil 3 se genera una zona potencialmente inestable con probabilidades de crecer debido a la ocurrencia de fallos progresivos que es observable en la Figura 59.

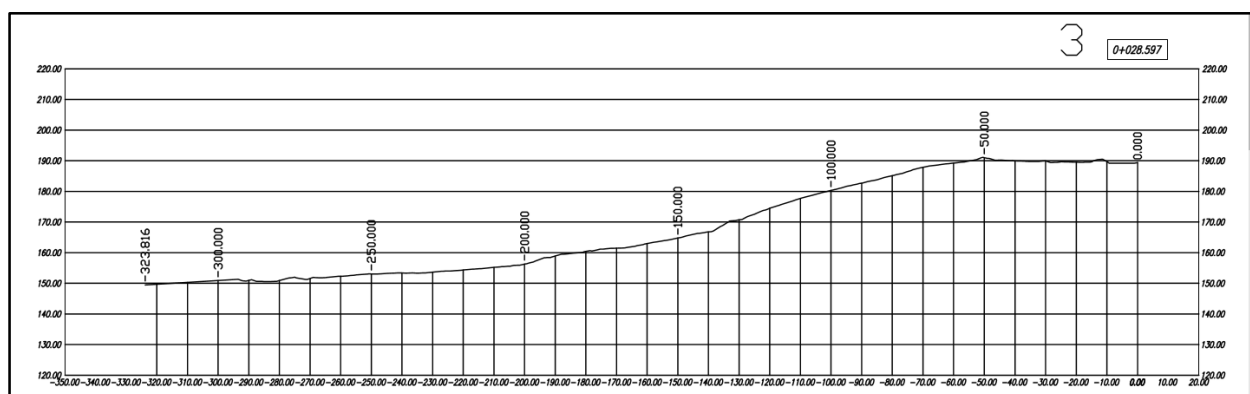


Figura 58. Perfil 3 utilizado en el programa GeoSlope

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

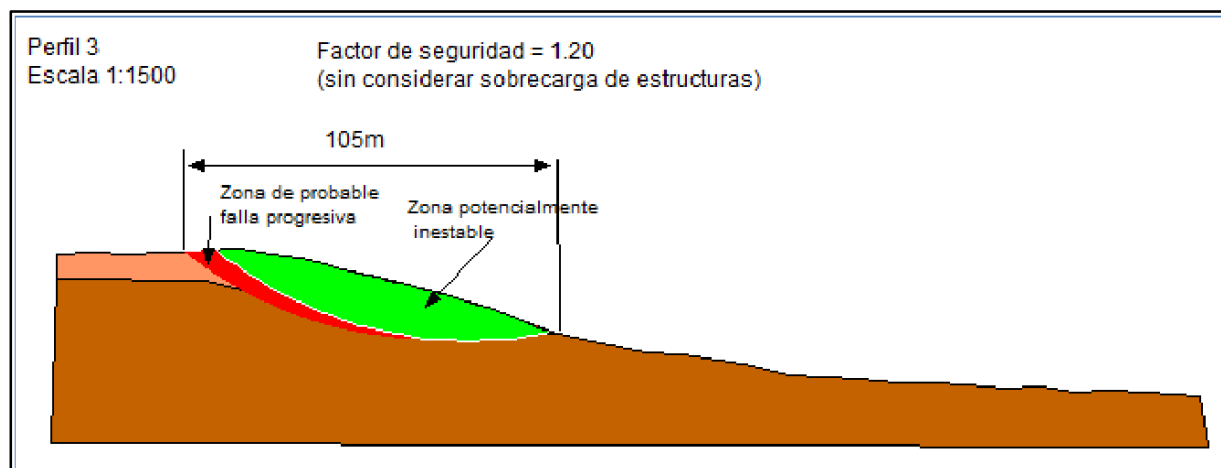


Figura 59. Resultados del análisis de estabilidad en el perfil 3 Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

De igual manera se tienen los perfiles 5 y 6 obtenidos de la topografía del predio y que fueron analizados (Ver Figura 60 y Figura 61).

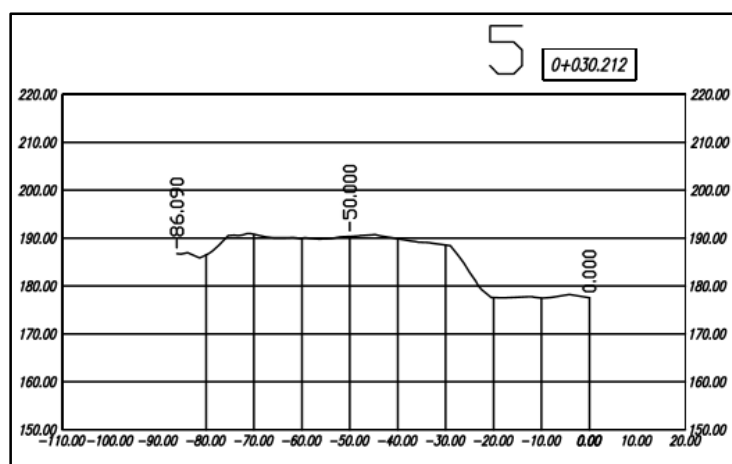


Figura 60. Perfil 5 utilizado en el programa GeoSlope

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

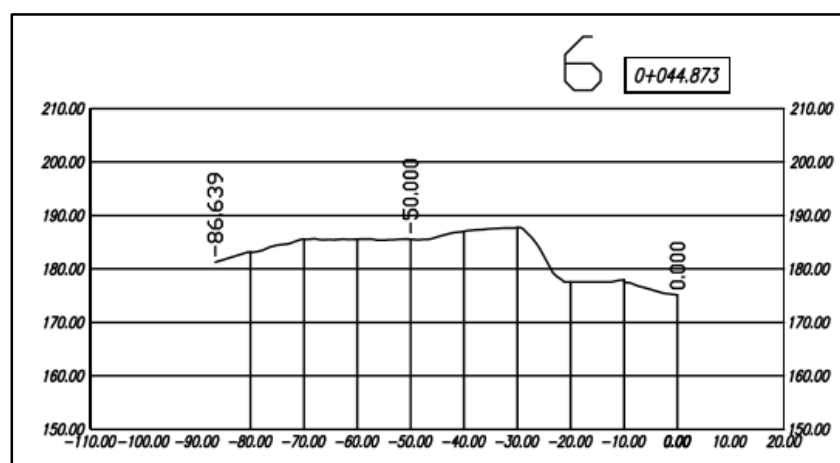


Figura 61. Perfil 6 utilizado en el programa GeoSlope

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

En el perfil 6 se genera una zona potencialmente inestable con probabilidad de crecer debido a la ocurrencia de fallos progresivos. (Ver. Figura 62)

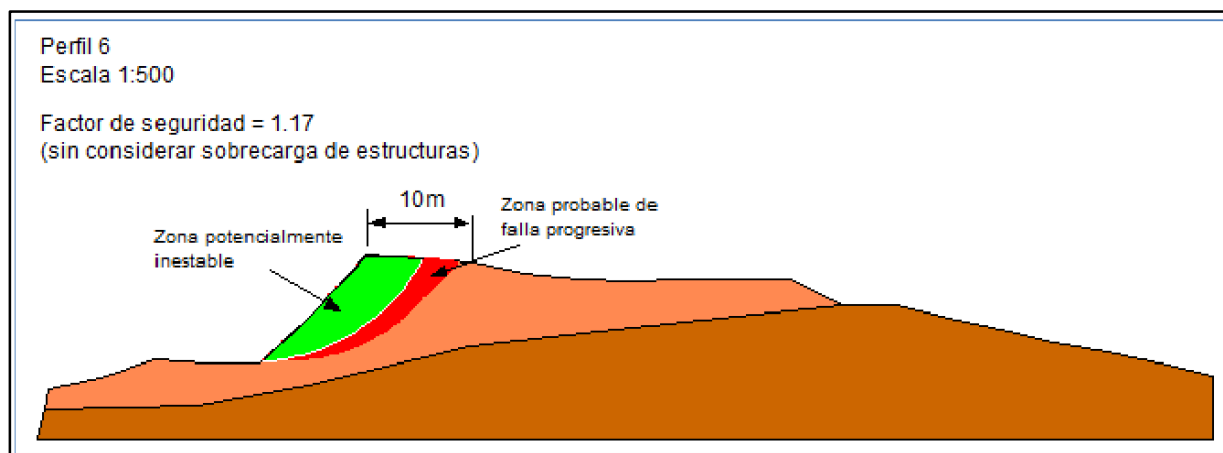


Figura 62. Resultados del análisis de estabilidad en el perfil 6

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

De igual forma como ocurre en el perfil 3 y el perfil 6, en el perfil 5 se genera una zona potencialmente inestable con probabilidad de crecer debido a la ocurrencia de fallos progresivos, siendo este perfil junto con el perfil 3, los taludes que presentan mayor zona potencialmente inestable, como se observa en la Figura 63.

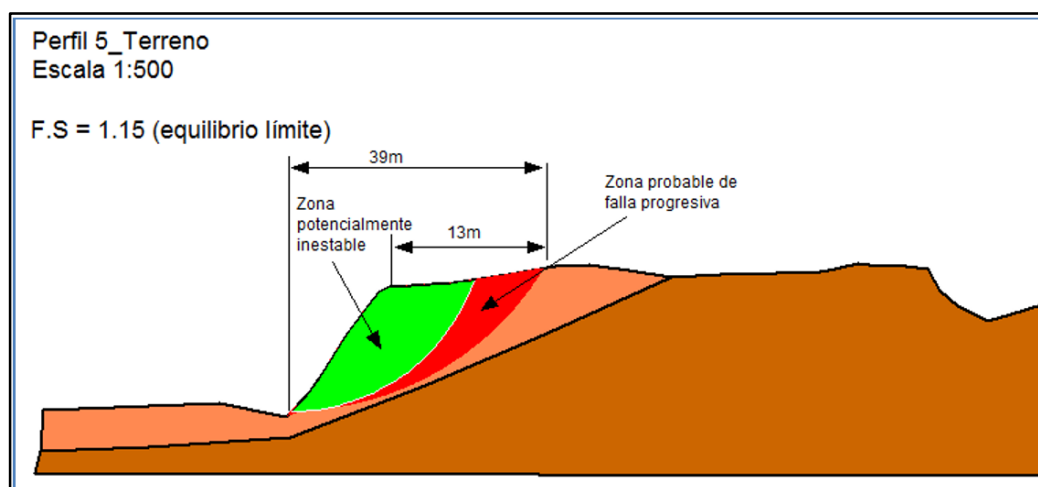


Figura 63. Resultados del análisis de estabilidad en el perfil 5

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

Cabe destacar que el análisis se realizó a los 11 perfiles obtenidos, pero al ser los perfiles 3, 5 y 6 los que presentaron inestabilidad aun sin sobre carga, son estos los que demandan mayor atención.

A raíz de este análisis se permitió definir una zona potencialmente inestable del terreno con topografía natural que se enmarca en la Figura 64.



Figura 64. Zona potencialmente inestable

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

En la segunda etapa del análisis considerando los cortes y terrazas propuestos en el proyecto, se hace de nuevo un análisis de estabilidad utilizando métodos de equilibrio límite, ahora con las condiciones anteriormente descritas y también se involucra el análisis de la

estabilidad utilizando métodos tenso-deformacionales que permiten estimar los desplazamientos horizontales esperados en la zona potencialmente inestable del área de estudio.

Las Figura 65 , Figura 66 y Figura 67 muestran los resultados del análisis de estabilidad utilizando métodos de equilibrio límite pero considerando los cortes y terrazas propuestos en el proyecto.

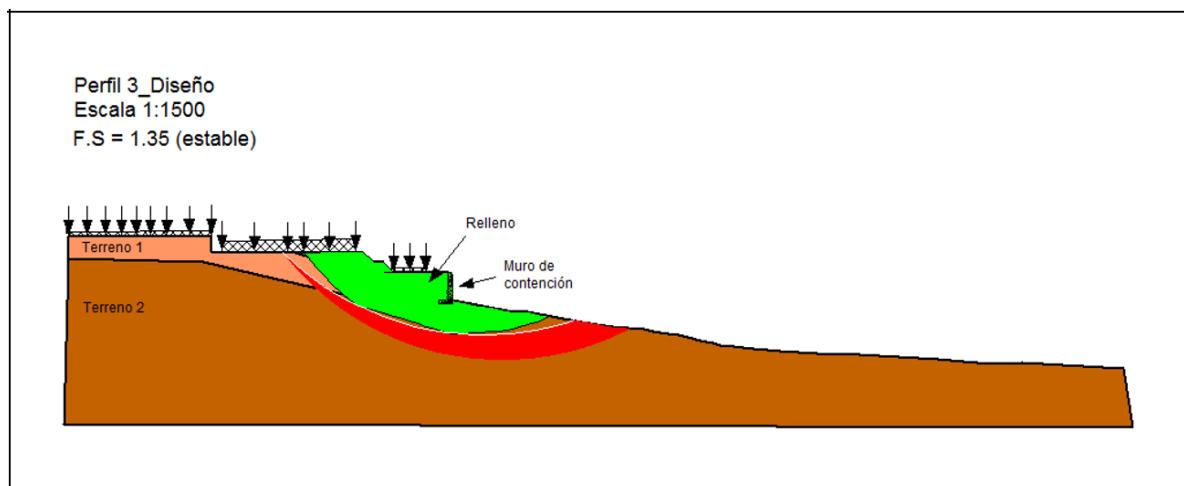


Figura 65. Modelo de falla del perfil 3

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

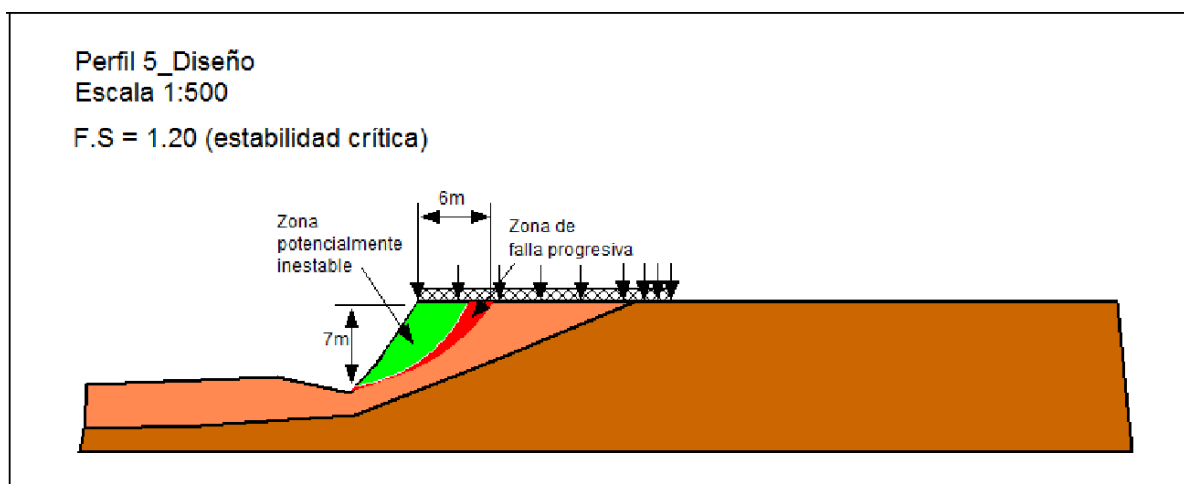


Figura 66. Modelo de falla del perfil 5

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

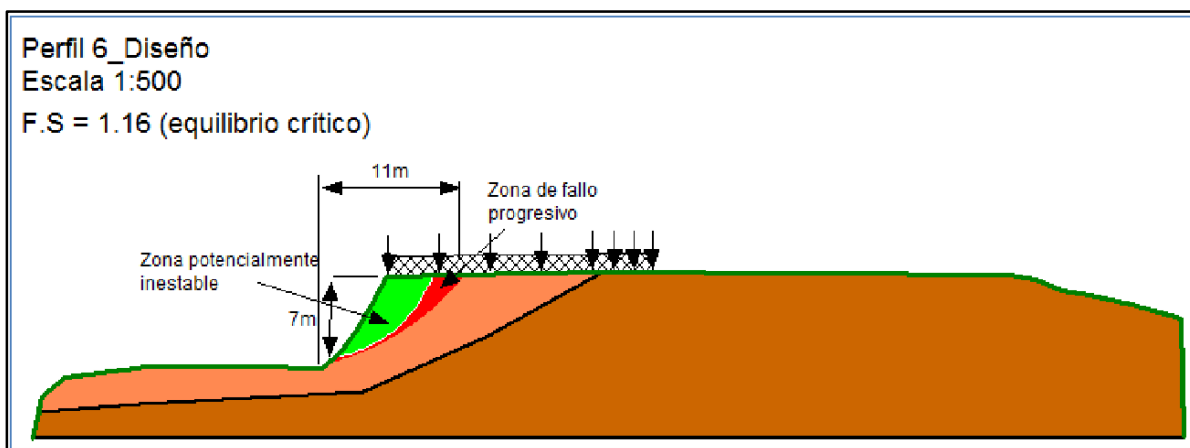


Figura 67. Modelo de falla del perfil 6

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

A continuación se muestran los resultados del análisis de estabilidad utilizando métodos tenso-deformacionales (topografía con cortes y terrazas de proyecto).

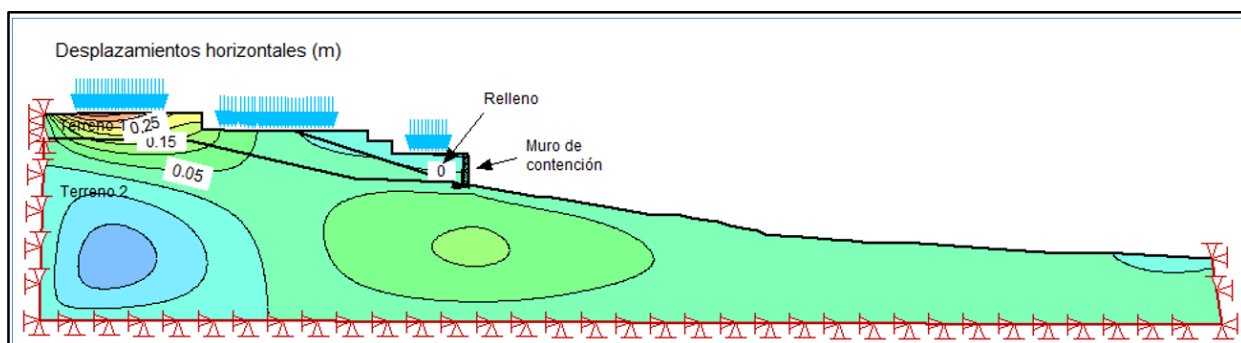


Figura 68. Ejemplo de método basado en análisis tenso-deformacionales

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

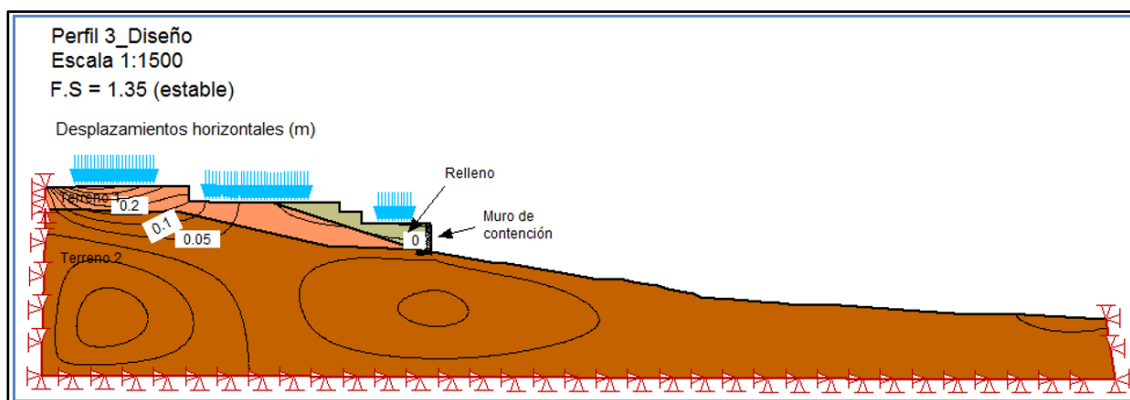


Figura 69. Modelo de deformacionales del perfil 3. Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

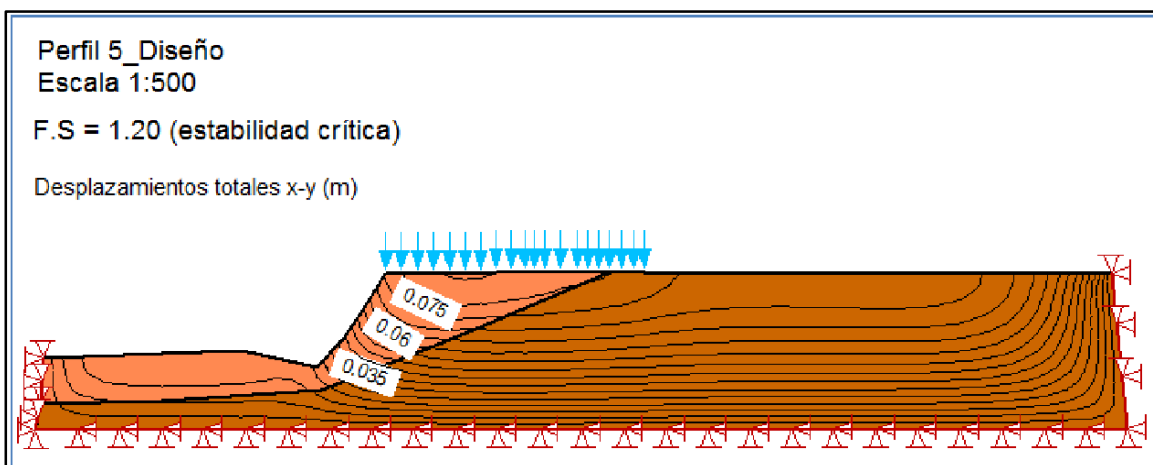


Figura 70. Modelo de deformacional del perfil 5

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

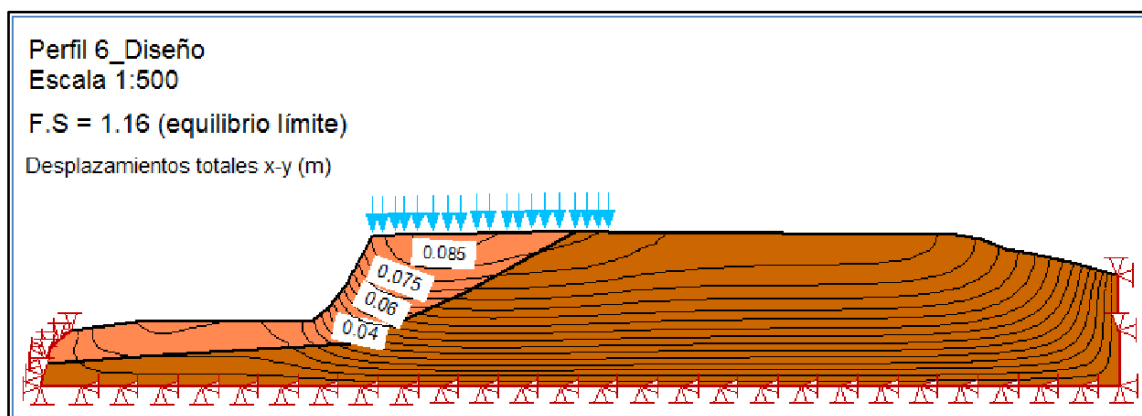


Figura 71. Modelo de deformacional del perfil 6

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano, 2016

A partir de los modelos de estabilidad arrojados por el método tenso-deformacional, se puede decir que en el perfil 3 se presentan desplazamientos horizontales máximos de 0,20 m, los cuales se producen en la zona más alta del perfil, mientras que los desplazamientos horizontales en la zona del relleno del muro son despreciables. (Ver. Figura 69)

En el perfil 5 y 6 los desplazamientos totales máximos estimados son de aproximadamente 0,075m y 0,085 m respectivamente, produciéndose estos en la corona del talud. (Ver. Figura 70 y Figura 71).

Analizar los resultados obtenidos de los estudios de estabilidad efectuados en las áreas de los proyectos.

3.1.4 Análisis de resultados de los estudios de estabilidad.

3.1.4.1 Análisis de resultados de los métodos de equilibrio límite y tenso-deformacional.

Para el análisis de estabilidad de taludes se consideraron condiciones estáticas, pseudo-estáticas y terreno seco, obteniéndose los siguientes resultados.

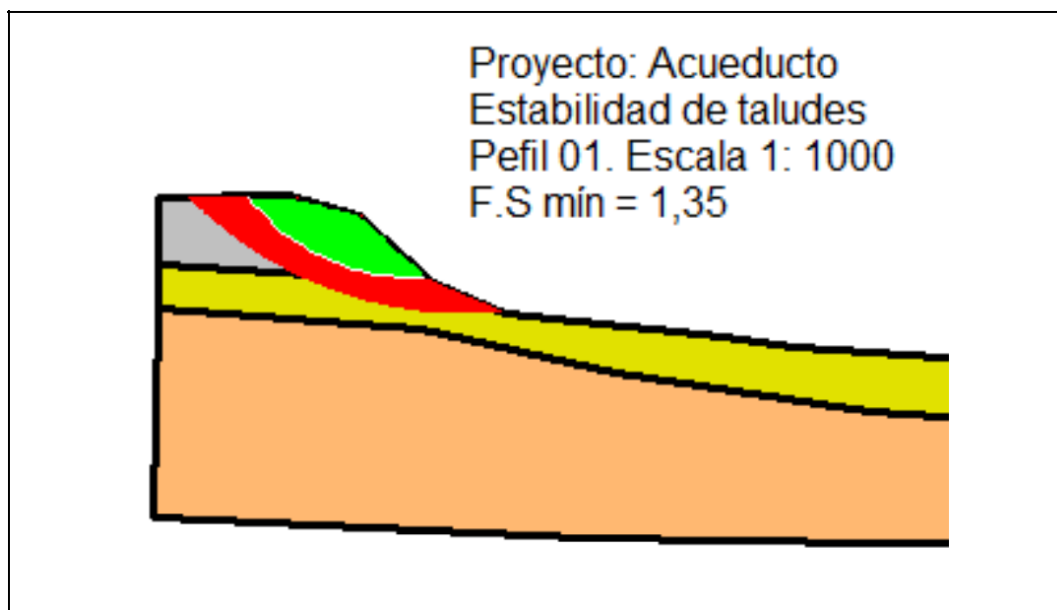


Figura 72. Modelo de falla del perfil 1, análisis de estabilidad de taludes basado en métodos de equilibrio límite.

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

Del análisis realizado al perfil 01, se puede destacar que es estable, puesto que su factor de seguridad mínimo escogido es 1.35 mayor al permisible de (1.3), y que dentro del análisis se

consideraron los efectos de la aceleración sísmica. Los factores de seguridad estática y pseudo-estático, tienen valores de 1.88 y 1.35 respectivamente, por eso se opta por el más crítico (menor).

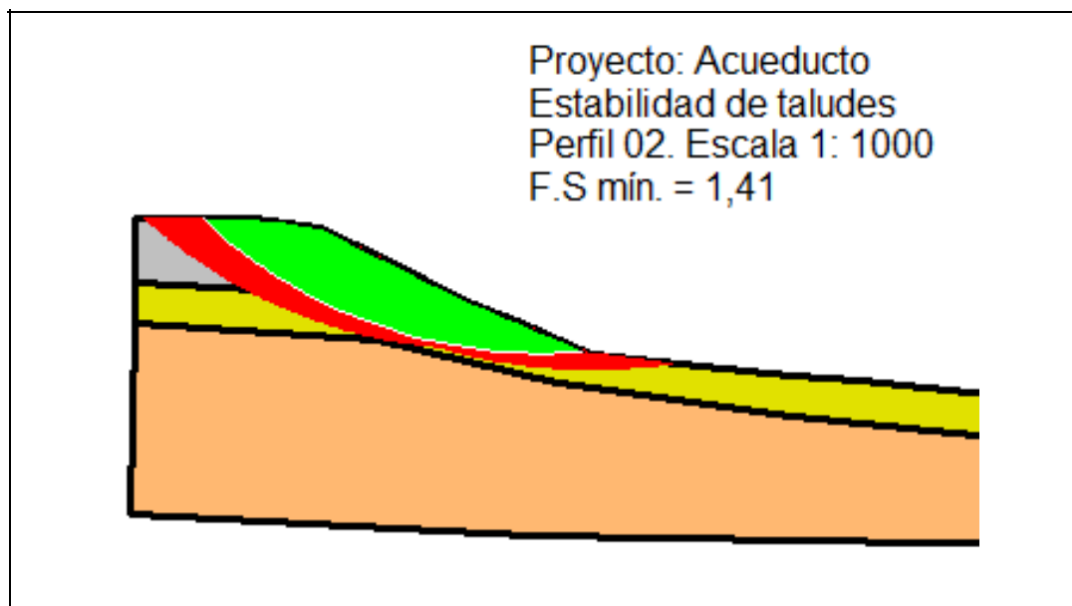


Figura 73. Modelo de falla del perfil 2, análisis de estabilidad de taludes basado en métodos de equilibrio límite

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

En el perfil 02 se obtuvo un F.S estático de 2.12 y un F.S pseudo-estático de 1.41, tomando como F.S mínimo el de 1.41, como su valor es mayor al permisible, se dice que el talud es estable.

A continuación se muestra los resultados del análisis de estabilidad y deformaciones en la base de las cimentaciones utilizando métodos tenso-deformacionales, que permitieron estimar los desplazamientos en el terreno y el comportamiento de la capacidad de carga del mismo.

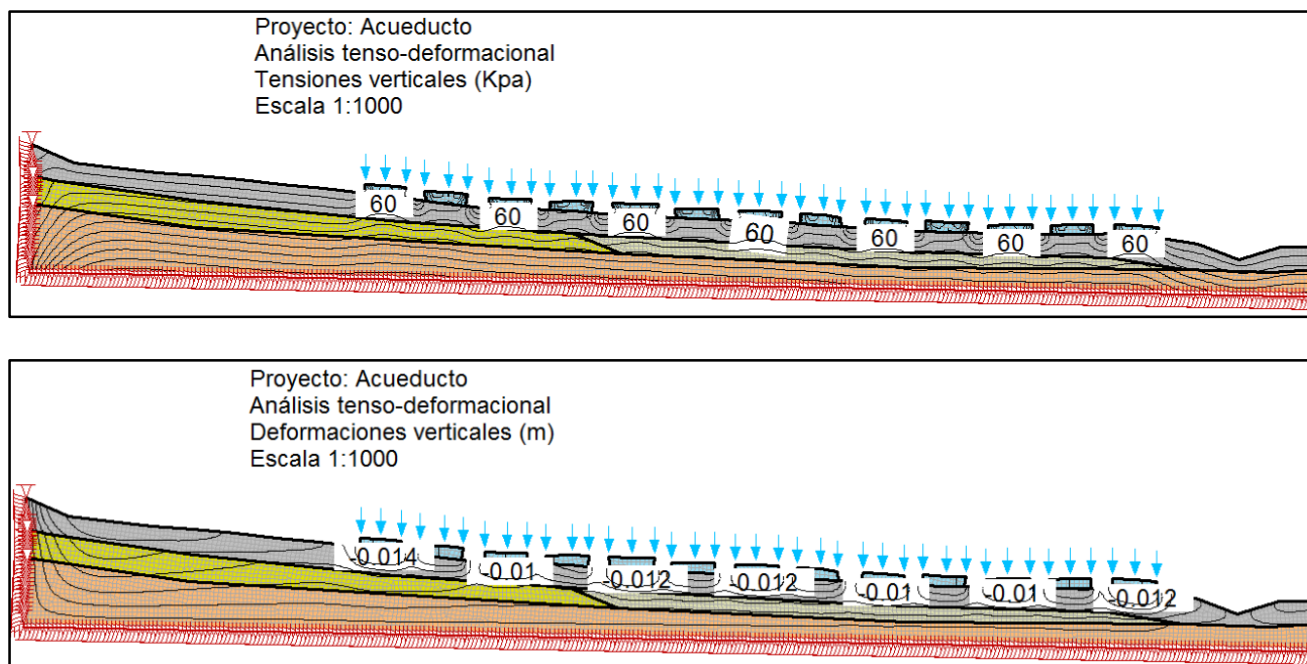


Figura 74. Modelo tenso-deformacionales del análisis de estabilidad y deformaciones en la base de las cimentaciones.

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

Los análisis de estabilidad realizados utilizando métodos tenso-deformacionales, permitieron estimar la magnitud de las tensiones verticales estimadas en el terreno de la base de las cimentaciones conociendo que estas están en el orden de los 60 Kpa y las deformaciones verticales que se producen en la base de las estructuras están entre 0,01 y 0,014 metros, las cuales deben ser consideradas en el diseño de las cimentaciones, siguiendo los criterios de capacidad de carga y asentamientos respectivamente.

En el proyecto “Acueducto” el problema no radica en la inestabilidad de los taludes, pues, como se ve en los resultados obtenidos, ambos son estables; si no en los asentamientos que ocurren en la base de la cimentación, puesto que el terreno en esta zona es muy deformable,

además que fue un sitio que por muchos años sirvió de vertedero. La capa de material orgánico y basuras alcanza hasta los 2 metros por lo que la recomendación fue el mejoramiento del terreno.

3.1.4.2 Análisis de factores de seguridad. Dentro de esta etapa del análisis, ya conocidas las condiciones de equilibrio de la masa de suelo delimitada por la superficie de falla, se conoce de esta manera el factor de seguridad el cuál es el factor de amenaza para que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento. Los métodos de análisis de estabilidad aplicados en el numeral anterior, arrojan un valor que corresponde a dicho coeficiente de seguridad, cabe decir que este factor no es constante a lo largo de la superficie de falla.

Así, de los modelos de falla obtenidos del análisis de estabilidad por el método de equilibrio límite (terreno con cortes y terrazas de proyecto), y método tenso-deformacionales se tienen los siguientes resultados. En el perfil 3, se obtiene un F.S de 1.35; valor que es mayor del permisible (1.3) por lo que el talud presenta un estado de equilibrio estable. Sin embargo, para los taludes de los perfiles 5 y 6 el F.S. es 1.20 y 1.16 respectivamente, siendo este menor que el permisible (1.3), por lo que el talud presenta un estado de equilibrio crítico. En la obtención de estos valores se consideraron los efectos de las cargas estructurales, aceleración sísmica y el 25% de saturación del terreno.

En la siguiente tabla se hace un comparativo de los factores obtenidos con el terreno natural y el terreno con cortes y terrazas.

Tabla 8*Comparación de los factores de seguridad*

N° de perfil	factor de seguridad	
	Terreno con topografía natural	Terrenos con cortes y terrazas según el proyecto
3	1,16	1,35
5	1,15	1,20

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

3.1.4.3 Revisión de terrazas, muros de contención y cimentaciones. Una vez finalizado el análisis de estabilidad geotécnica en los taludes, y conociendo la zona potencialmente inestable, se procede a valorar los diseños propuestos para este proyecto en particular.

Como el proyecto “privada del bosque” es una urbanización que consta de plataformas de lotificación para la construcción de casas habitacionales, en la extensión del terreno se encuentran varias terrazas, que según el diseño del proyecto son viables y seguras, siempre y cuando se tenga en cuenta el análisis de estabilidad geotécnico realizado por el Grupo Iteico Euroamericano. Sin embargo la conformación de las terrazas diseñadas en el proyecto en la zona donde se ubica el perfil 6 como se observa en la Figura 62, no contribuye a la estabilidad del terreno y, pueden producir movimientos del terreno que afectarían de manera directa a la estructura. Atendiendo a lo anterior, las estructuras que se ubican sobre estas terrazas deben cumplir los siguientes requerimientos:

Todas las cimentaciones que se encuentren encima de la zona potencialmente inestable y de fallo progresivo, deben ser desplantadas por debajo de las superficies de falla, obtenidas en el análisis de estabilidad y que se muestra en la Figura 62.

Las cimentaciones que no estén sobre la zona potencialmente inestable y de fallo progresivo deben alejarse del borde del talud una distancia “S”, que deberá ser igual o mayor que “D” (Ver. Figura 75).

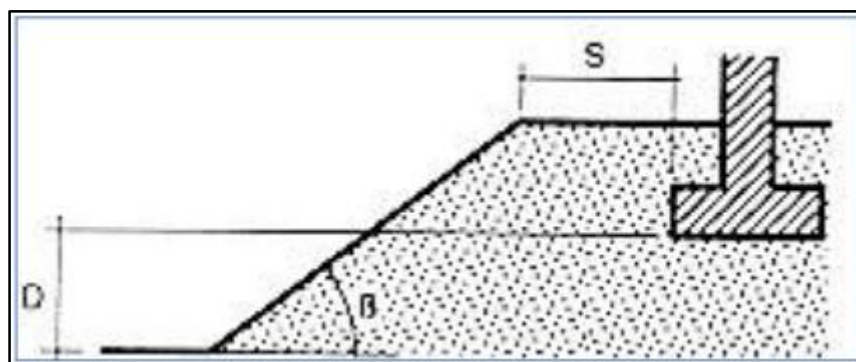


Figura 75. Distancia recomendada del cimiento a la corona del talud.

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

Así mismo, si nos referimos de nuevo al modelo tridimensional obtenido en el numeral 3.1.3.1 Desarrollo de un modelo geotécnico del proyecto “Privada del bosque”., se visualizan zonas donde se colocarán rellenos que requieren de estructuras de contención para no afectar a los predios aledaños. Las zonas mencionadas requerirán de un muro continuo que en un sector contendrá el relleno para que el mismo no invada el predio vecino, y en otro sector evitará que los empujes de tierra afecten la estructura existente (Figura 76).

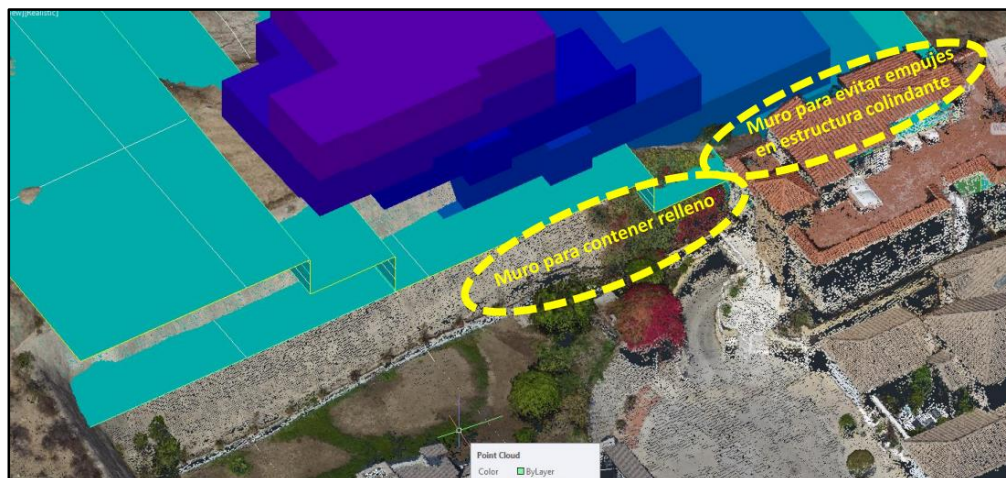


Figura 76. Detalles del muro para contener relleno y evitar empujes en estructura colindante

Nota fuente: Grupo Itesco euroamericano



Figura 77. Muro para contención de relleno y evitar empujes a predios vecinos.

Nota fuente: Autor del proyecto, 2017

En el Proyecto, en la zona de los perfiles 5 y 6 (Ver. Figura 48) se ve afectado por el talud que se encuentran dentro de la propiedad. Esto trae como consecuencia que la estructura en ese sector quede en voladizo sobre la pendiente del talud. Para resolver esta problemática se recomienda apoyar el borde exterior de la estructura en pilas cimentadas al pie del talud y utilizar cimentación sobre pilotes en el área de la estructura que se encuentra encima de las zonas potencialmente inestables y de fallo progresivo como se muestra en la Figura 78 y Figura 79.

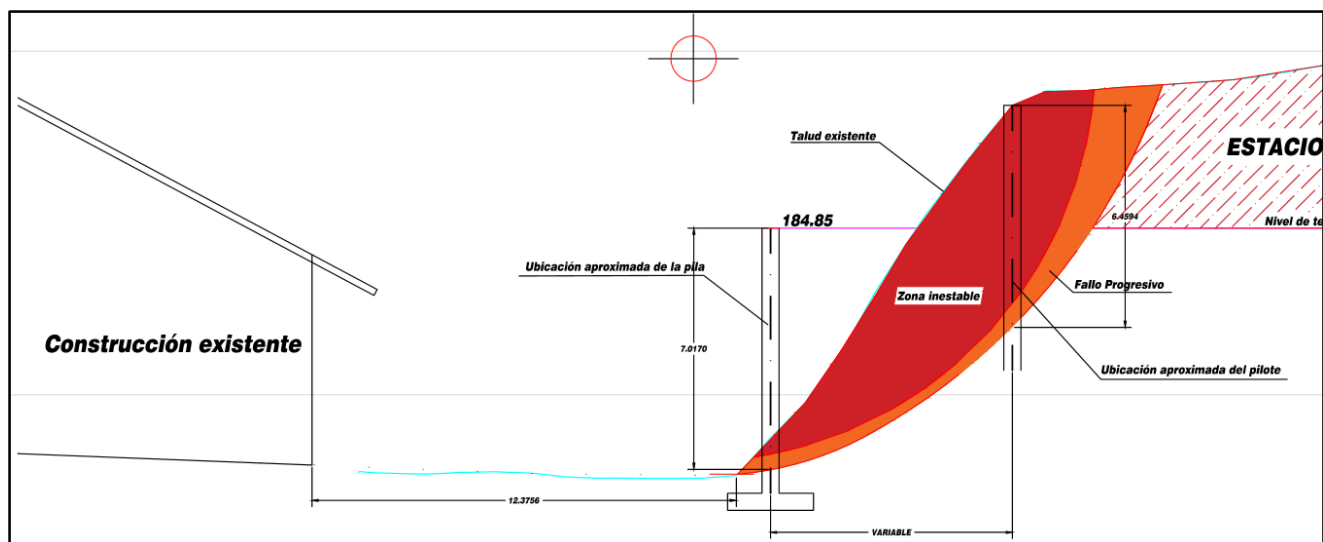


Figura 78. Ilustración sobre ubicación de pilas y pilotes en el perfil 5.

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

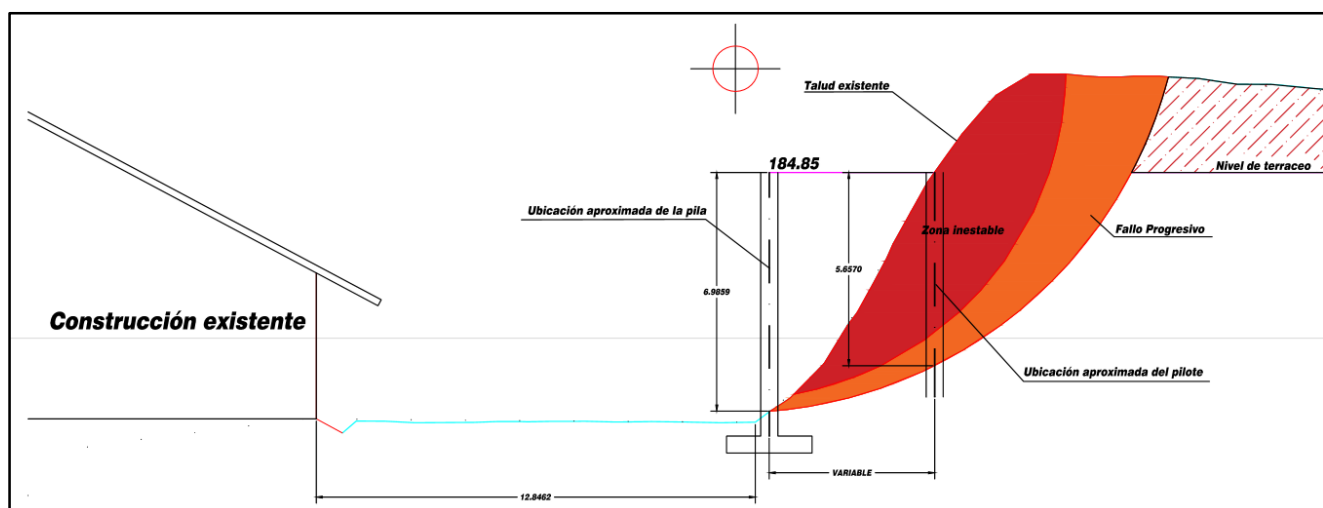


Figura 79. Ilustración sobre ubicación de pilas y pilotes en el perfil 6

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

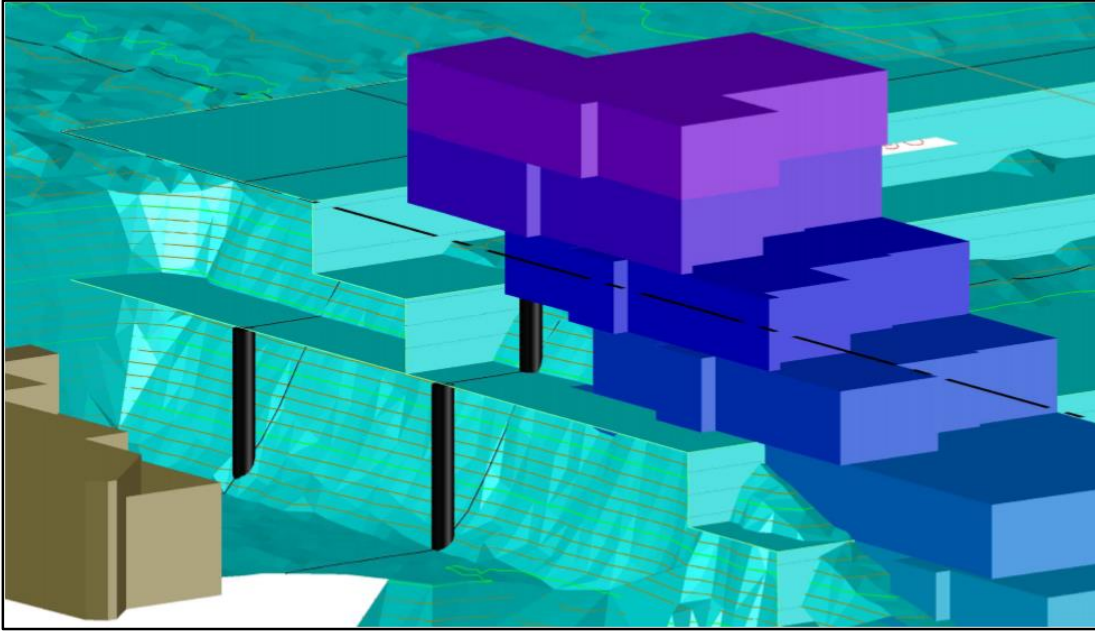


Figura 80. Modelo tridimensional con la ubicación de las pilas y pilotes.

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

En la Figura 80 se observa la posible ubicación de las pilas y pilotes en esta zona del predio.

Por otra parte, el muro de contención ubicado en el perfil 3, se puede decir que es geotécnicamente estable, teniendo como condición que sus dimensiones y profundidad de cimentación sobrepase la superficie de falla, en la zona potencialmente inestable como se analizó en numerales anteriores. Entre otras cosas se recomienda revisar el diseño del muro con el fin de mejorar la geometría del mismo y facilitar su proceso constructivo, el muro debe contar con un eficiente sistema de drenaje que garantice la evacuación del agua superficial y subterránea, evitando que la misma penetre y se acumule en el relleno.

En la zona comprendida entre los perfiles 5 y 6 (extremo Oeste del predio) se requiere relleno para conformar las terrazas pero el límite de dicho relleno colinda con un predio vecino y con una edificación existente, por lo que se ve necesario la construcción de un muro de contención. Para resolver esta problemática se recomienda diseñar y construir un muro con dos objetivos, primero en un sector, para contener el relleno y que este no invada el predio vecino, y segundo en el otro sector, para evitar que los empujes de tierra producidos por el relleno afecten la estructura colindante. La Figura 81 y Figura 82 muestran las recomendaciones sobre la ubicación del muro en los perfiles 5 y 6 (Oeste del predio).

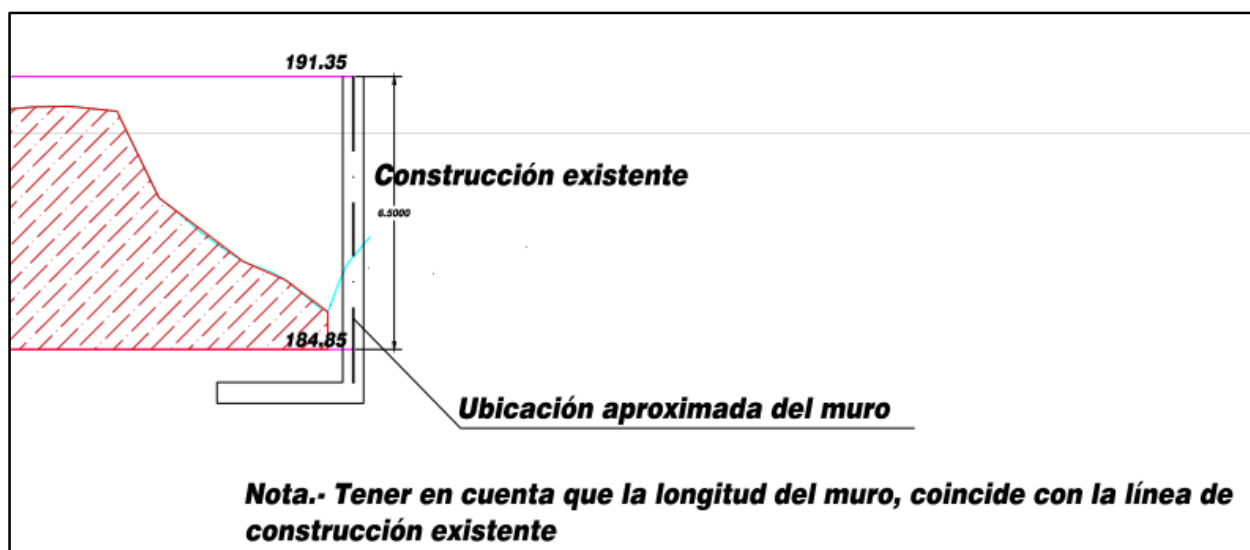


Figura 81. Ubicación aproximada del muro en el perfil 5

Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano

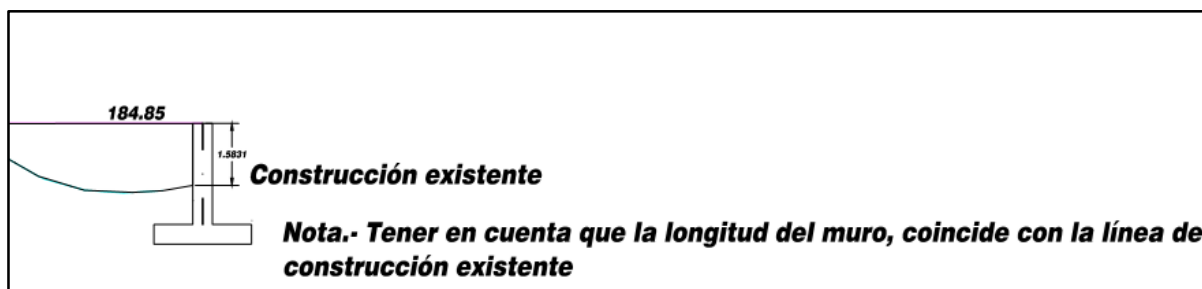


Figura 82. Ubicación aproximada del muro en el perfil 6. Nota fuente: Grupo Iteico Euroamericano, 2017

Se llega al final del proceso del análisis de estabilidad geotécnica en taludes y laderas del proyecto habitacional, cumpliendo de esta manera con la idea de evaluar el efecto de los factores desencadenantes de inestabilidad y contribuir a mitigar los impactos negativos y garantizar la seguridad del proyecto, haciendo recomendaciones para los muros de contención y cimentación.

3.1.4.4 Revisión de la propuesta de remediación para mitigar asentamientos en el proyecto “Acueducto”. Como el terreno presente en el lugar alcanza hasta los 2 metros de relleno (basura), que lo hace tan deformable, se presenta una propuesta para mitigar los asentamientos que ocurren como se expone anteriormente en el análisis de resultado de los métodos tenso-deformacionales. La atención se centra en el mejoramiento del terreno, que es la parte más complicada de todo el proceso de urbanización.

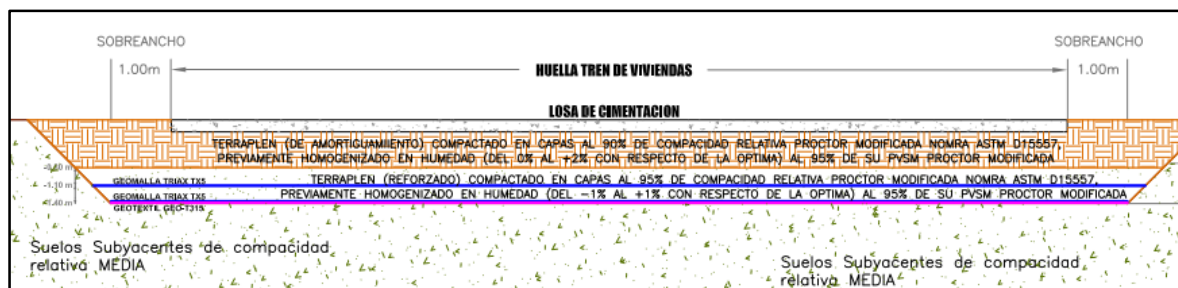


Figura 83. Propuesto de remediación en terracerías para mitigar el potencial asentamiento.

Nota fuente: Geo Servicios

El anterior diseño (Ver. Figura 83) es la propuesta que se hace, sin embargo, en la visita efectuado al predio se pudo observar que se hizo mejoramiento del suelo, incluyendo un material llamado Tucuruaguay, haciendo este proceso de manera mecánica.



Figura 84. Mejoramiento del terreno con material tucuruquay

Nota fuente: Autor del proyecto, 2017



Figura 85. Inicio de trabajos después del mejoramiento del terreno

Nota fuente: Autor del proyecto, 2017

En las Figura 84 y Figura 85 se muestra el tratamiento que se le dio al terreno para mejorarlo y reducir la deformabilidad.

Elaborar un documento instructivo que incluya teoría, metodología y notas recomendación para el diseño de muros de contención.

En el marco del proceso que se llevó a cabo, y dadas las investigaciones generadas a lo largo de la experiencia, se elaboró una metodología para el diseño de muros de contención, que es un instructivo que incluye teoría y notas de recomendación, con el propósito de generar una guía práctica al lector y diseñador novato. Ver Apéndice E.

Además al Grupo Iteico Euroamericano a cargo del Dr. Ing. Aldo Onel Oliva, se le hizo entrega de un informe técnico de los proyectos, el cual incluye: Introducción, Objetivos y alcances, Descripción de los trabajos, Resultados y productos, Conclusiones. Ver Apéndice F.

Capítulo 4. Diagnóstico final

El Grupo Iteico Euroamericano dependencia donde se desarrolló la pasantía, sigue desarrollando investigación e innovación tecnológica en todas las áreas de trabajo, sin embargo los proyectos que fueron asignados en la pasantía fueron culminados, puesto que el desarrollo de los mismos por parte del Grupo Iteico, es solo el análisis geotécnico de las áreas de los proyectos habitacionales, aun cuando estos sigan en ejecución.

El desarrollo de la pasantía en esta dependencia, permitió el cumplimiento de los objetivos propuestos de manera eficiente, en los procesos de apoyo técnico a los siguientes proyectos: Análisis de la estabilidad de laderas, taludes, terrazas y estructuras de contención del proyecto “Privada del Bosque” y Análisis de estabilidad geotécnica de taludes y del terreno de cimentación en el Fraccionamiento Acueducto. Obteniendo de ellos los resultados de la evaluación de los efectos de los factores desencadenados de la inestabilidad y estimación de la capacidad portante y la deformabilidad en condiciones estáticas y dinámicas, usando los métodos de equilibrio límite y tenso-deformacionales.

Adicionalmente, se elaboró una metodología para el diseño de muros de contención, con el propósito de generar una guía práctica al lector y diseñador novato, de igual manera la realización de este documento concierne a la presentación del producto de investigación como resultado de la pasantía llevada a cabo en el Grupo Iteico Euroamericano. Ver Apéndice E. Además se anexa el informe técnico entregado a la dependencia donde se realizó la pasantía (Ver. Apéndice F)

Capítulo 5. Conclusiones

Durante la pasantía, se cumplió con el cronograma de actividades propuesto, logrando el aprendizaje de temas como el análisis de estabilidad geotécnica y diseño de muro de contención, puesto que no solo se desempeñó trabajo de campo, si no también investigaciones que surgían a medida que se trabajaba en los proyectos.

Se logró la delimitación de las áreas de los proyectos de desarrollo habitacional, así como su caracterización mediante los estudios geotécnicos y procesos de levantamiento topográfico y fotogramétrico

Se utilizó los métodos de cálculo basados en el equilibrio límite de la masa de terreno potencialmente inestable, de donde se obtuvieron los factores de seguridad ante el deslizamiento y las superficies de falla

En conclusión, con los trabajos realizados se alcanzó a definir todos los factores desencadenantes de la inestabilidad, en taludes y laderas dentro de los proyectos de desarrollo habitacional, brindando recomendaciones sobre aspectos constructivos y de evaluación de estabilidad y así reducir el impacto negativo que puede ocasionar el indebido manejo de movimiento de tierras.

Capítulo 6. Recomendaciones

Se recomienda, la integración de más profesionales a la plantilla de trabajo, puesto que al ser tan reducida no logran ocuparse de todas las tareas a desarrollar en la empresa.

A las obras que se les realizó el análisis de estabilidad geotécnica, se sugiere que se les realice una visita periódica para mantener un control del comportamiento de los taludes y verificar que las recomendaciones otorgadas hayan sido adoptadas.

El grupo Iteico debe realizar socializaciones periódicas de los proyectos desarrollados de tal forma que se informen los avances, los productos y resultados obtenidos a raíz de su investigación, tanto para el departamento técnico como para la comunidad en general.

Se recomienda, la implementación del producto investigativo dejado en la dependencia, puesto que es un instructivo de fácil comprensión y puede ser presentado a la comunidad estudiantil de la UDCI, como apoyo a la academia.

Referencias

- Aponte, J. C. (2016). *Comportamiento y eficiencia de terrazas y pantallas construidas en guadua frente al control de erosión de suelos mediante modelamiento computacional*. Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás, Bogotá D.C.
- Benavides, J. N. (2015). *Estudio de métodos de análisis de estabilidad de taludes para la elaboración de un software con fines educativos*. Trabajo de grado, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.
- Caminos naturales. (s.f). *Manual de aspectos constructivos*. España. Obtenido de http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/6.2._Geotecnia_tcm7-213272.pdf
- Castañón, P. A. (2011). *Cálculo del Factor de Erosión de la Lluvia en las Estaciones Papaloapan y Cd. Alemán de la Cuenca del Papaloapan*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. (2017). Obtenido de CICESE: <http://www.cicese.edu.mx/int/index.php?mod=acd&op=intro>
- Copons Llorens, R., & Tallada Masquef, A. (27 de Diciembre de 2009). Movimientos de ladera. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 285.
- Cruz, L. (2006). *Muros de contención*. Universidad del Cauca.
- De Matteis, Á. F. (2003). *Estabilidad de taludes*. Universidad nacional de Rosario, Rosario.
- Definición.De. (2017). Obtenido de <https://definicion.de/bungalow/>
- Escobar, C., & Duque, G. (2016). *Geotecnia para el trópico andino*. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Manizales.

Farjas, M. (s.f). *Topografía*.

Gallardo, R., Guerrero, T. E., & Macgregor, A. (2013). Investigación Geotécnica para la estabilización de las laderas del Barrio San Fermín, municipio de Ocaña, departamento de Norte de Santander (Colombia). *Revista Inge Cuc, Vol. 9, N° 2*, 66-74.

García, F. (2006). *Estudios geotecnicos*. Escuela politécnica superior, Huesca.

García, M. (1998). *Manual de estabilidad de taludes*. (INVIAS, Ed.) Colombia.

Geocimentaciones de Tijuana S de R.L de C.V. (2017). *Estudio geotecnico desarrollo habitacional*. Informe de consultoria, Tijuana.

Gómez, H. G. (2013). *Metodología de diseño y cálculo estructural para muros de contención con contrafuerte*. Trabajo de grado de especialización., Bogotá.

Graux, D. (1975). *Fundamentos de mecánica del suelo, proyecto de muros y cimentaciones* (Segunda ed., Vol. I). Barcelona, España: Editores técnicos asociados, S.A.

Grupo ITEICO Euroamericano. (2015). Obtenido de <http://www.iteico.com>

Gutiérrez, J. (2005). *Topografía para las tropas* (4 ed.). Chile.

Holtz, R., & Kovacs, W. (1981). *An Introduction to Geotechnical Engineering*. New jersey: Prentice hall, englewood cliffs.

Ingenieria y Construcción Hersaco. (2013). *Estudio de mecánica de suelos para el proyecto cimentación de Antena sitio "C4" nuevo centro de control, comando y computo*. Tijuana, Baja California.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/rgna.aspx?p=22>

- Lomoschitz, A. (2005). ¿Qué es y para qué sirve un Estudio Geotécnico en Edificación? *Jornadas técnicas sobre edificación en terrenos canarios*. Canarias. Obtenido de http://www.gobiernodecanarias.org/geotecnia/que_es_est_geot.A.Lomoschitz.pdf
- Martínez, M., Rubio, E., & Palacios, C. (2009). *Terrazas*. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación, Montecillos. Obtenido de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/13%20TERRAZAS.pdf>
- Mendoza, L. H., Vásquez, S., & Rosquillas, A. (2007). *Movimientos de Laderas en Tijuana, B.C.* Tijuana.
- Montiel, K., González, Y., Loaiza, C., & Gouveia, E. (2008). Inestabilidad de laderas en el barrio cerros de marín, maracaibo, estado zulía, venezuela. *Terra Nueva Etapa*. Vol 24, 13-53.
- Ortuño, L. (2004). Estabilidad de taludes en suelo. Cálculo. *Curso de geotecnia para infraestructuras*, (págs. 22-23). Sevilla.
- Parques alegres. (6 de julio de 2017). Obtenido de Parques alegres, dale vida a tu parque: <http://www.parquesalegres.org>
- Pasotti, P. (2013). *Estratigrafía subsuelo de Rosario*. Universidad Nacional de Rosario, Departamento de Ciencias Geológicas, Rosario.
- Sáez, E. (2010). *Fundamentos de geotecnia ICE-1603*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Sanhueza, C., & Rodríguez, L. (Enero de 2013). Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. *Revista de la construcción*, 12(1), 19.

Santos, D. (2014). *Fotogrametría usando plataforma aérea UAV*. Proyecto de grado, Universitat Politècnica Catalunya, Barcelona.

Servicio Geológico Mexicano. (2017). Obtenido de <https://www.gob.mx/sgm/articulos/conoce-el-sistema-de-consulta-de-informacion-geocientifica-geoinfomex?idiom=es>

Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. (I. d. Ltda., Ed.) Bucaramanga, Colombia: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.

Unión Geofísica Mexicana, A.C. (2017). Obtenido de <http://www.ugm.org.mx/>

Universidad de las Californias Internacional. (2017). Obtenido de <http://www.udc.com.mx/index.php/quienes-somos>

Apéndices

Apéndice A. Registro de sondeos de tipo Pozos de Cielo Abierto (PCA) y SPT.

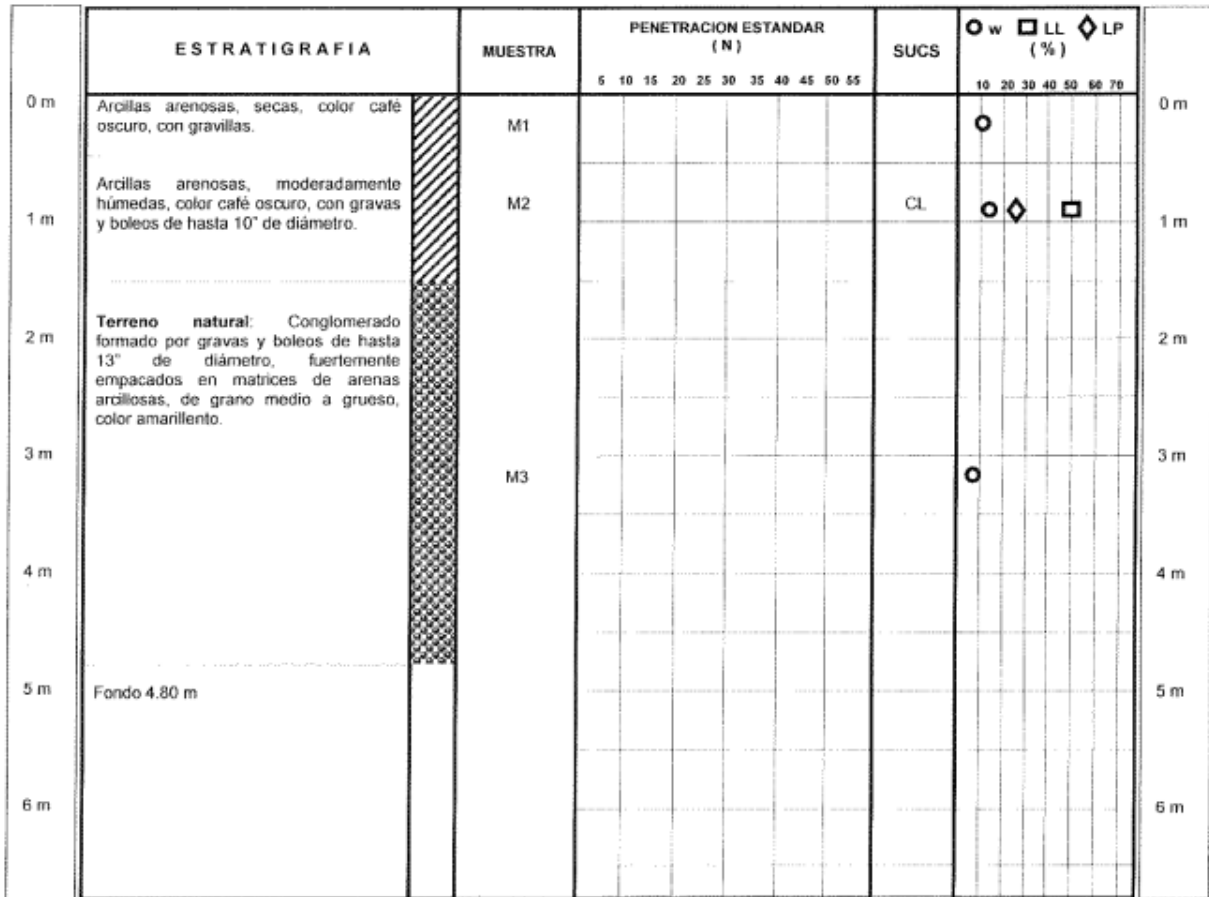
SONDEO	PROFUNDIDAD	ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES
PCA1	0 a 0.30 m. 0.30 a 1.00 m. 1.00 a 2.30 m. 2.30 a 3.20 m. Fondo 3.20 m.	Capa vegetal formada por arenas limosas/arcillosas, secas y sueltas, color café claro, con gravillas y raicillas. Arcillas moderadamente húmedas, color café claro, con gravillas. Terreno natural: Arenas arcillosas, de alta compacidad, color café claro-amarillento. Arenas arcillosas, de alta compacidad, color café claro-grisáceo.
PCA2	0 a 0.50 m. 0.50 a 0.70 m. 0.70 a 2.00 m. 2.00 a 3.50 m. Fondo 3.50 m.	Relleno formado por arenas arcillosas, color café-amarillento, mezcladas con arcillas color café oscuro. Arcillas moderadamente húmedas, color café claro, con gravillas. Terreno natural: Arenas arcillosas, de alta compacidad, color café-grisáceo, con incrustaciones de carbonatos color blancuzco. Arenas arcillosas, de alta compacidad, color café claro-grisáceo, con vetas intercaladas de arcillas de consistencia dura, color café oscuro.
PCA3	0 a 0.40 m. 0.40 a 1.50 m. 1.50 a 4.80 m. Fondo 4.80 m.	Arcillas arenosas, secas, color café oscuro, con gravillas. Arcillas arenosas, moderadamente húmedas, color café oscuro, con gravas y boleos de hasta 10" de diámetro. Terreno natural: Conglomerado formado por gravas y boleos de hasta 13" de diámetro, fuertemente empacados en matrices de arenas arcillosas, de grano medio a grueso, color amarillento.
PCA4	0 a 0.40 m. 0.40 a 1.50 m. 1.50 a 5.00 m. Fondo 5.00 m.	Relleno formado por arenas arcillosas, moderadamente húmedas, color café claro, con gravas, y contaminado con algo de basura. Relleno formado por arenas arcillosas, de mediana densidad, color café claro, y mezclas con arcillas, color café oscuro. Relleno formado por arenas arcillosas, de mediana densidad, moderadamente húmedas, color café-amarillento, con pocas gravas.
PCA5	0 a 5.10 m. 5.10 a 5.40 m. 5.40 a 6.30 m. Fondo 6.30 m.	Relleno formado por arenas arcillosas, de baja densidad, moderadamente húmedas, color café claro y mezclas con arenas arcillosas color amarillento, con gravas y boleos aislados de hasta 15" de diámetro. Arcillas color café oscuro, con gravas. Terreno natural: Conglomerado formado por gravas y boleos pequeños, empacados en matrices de arenas limosas de grano fino, color café claro-rojizo, con vetas delgadas intercaladas de arcillas, color café claro.

SONDEO	PROFUNDIDAD	ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES
PCA6	0 a 2.00 m. 2.00 a 5.00 m. Fondo 5.00 m.	Relleno formado por arcillas arenosas, color café oscuro, con gravas. Relleno formado por arenas arcillosas, moderadamente húmedas, de mediana compacidad, color café claro, con gravas y boleos de hasta 12" de diámetro, y mezclas con arenas gruesas, húmedas, color amarillento.
PCA7	0 a 0.60 m 0.60 a 2.00 m. 2.00 a 3.70 m. 3.70 a 5.00 m. Fondo 5.00 m	Relleno formado por arenas arcillosas, de mediana densidad, secas, color café claro, con gravas. Relleno formado por arenas arcillosas, de grano grueso, de mediana densidad, húmedas, color café-amarillento, con gravas y boleos de hasta 8" de diámetro. Relleno formado por arenas arcillosas, de mediana densidad, húmedas, color café claro, con gravas y boleos de hasta 8" de diámetro. Relleno formado por arenas arcillosas, de mediana densidad, moderadamente húmedas, color café claro, con gravas y boleos aislados de hasta 6" de diámetro.
PCA8	0 a 1.80 m. 1.80 a 2.70 m. 2.70 a 2.90 m. 2.90 a 4.20 m. Fondo 4.20 m.	Relleno formado por arenas arcillosas, secas, color café claro, con gravas. Relleno formado por arenas arcillosas, color café claro, con gravas. Arcillas moderadamente húmedas, color café claro, con gravas. Terreno natural: Conglomerado formado por gravas y boleos pequeños, empaçados en matrices de arenas arcillosas, de grano grueso, color café-rojizo.
PCA9	0 a 0.20 m. 0.20 a 2.20 m. 2.20 a 2.90 m. 2.90 a 4.00 m. Fondo 4.00 m.	Relleno formado por arenas arcillosas, secas, color café-amarillento, con gravas. Relleno formado por arenas arcillosas, moderadamente húmedas, color café a amarillento, con gravas y boleos de hasta 9" de diámetro. Arcillas moderadamente húmedas, color café claro, con gravas. Terreno natural: Conglomerado formado por gravas y boleos pequeños, empaçados en matrices de arenas arcillosas, color café-amarillento.
PCA10	0 a 4.50 m. 4.50 a 4.80 m. 4.80 a 5.00 m. Fondo 5.00 m.	Relleno formado por arenas arcillosas, color café claro-amarillento, con gravas y boleos de hasta 28" de diámetro, contaminado con algo de basura y escombros. Arcillas húmedas, color café-rojizo, con gravas. Terreno natural: Arenas arcillosas, de alta densidad, moderadamente húmedas, color café-amarillento, con gravas.
PCA11	0 a 4.30 m. 4.30 a 5.00 m. Fondo 5.00 m.	Relleno formado por arenas arcillosas, color café claro, con gravas, basura y escombros, mezcladas con arcillas color café oscuro, moderadamente húmedas. Arcillas moderadamente húmedas, color café oscuro, con gravas.

SONDEO	PROFUNDIDAD	ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES
PCA12		<p style="text-align: center;">NO SE REALIZO</p> <p>(Cerca de este punto existe un panal de abejas que con la vibración y el ruido del equipo de perforación se alteran y provocan picaduras a nuestro personal)</p>
PCA13	0 a 0.20 m. 0.20 a 2.20 m. Fondo 2.20 m.	Capa vegetal: Arcillas color café oscuro, con gravas y raíces. Terreno natural: Arenas limosas de grano fino, color café claro-verdoso y rojizo, con muchas gravas.
PCA14	0 a 0.50 m. 0.50 a 2.50 m. Fondo 2.50 m.	Terreno natural: Arenas gruesas, moderadamente húmedas, color rojizo-amarillento, con gravas. Arenas gruesas, moderadamente húmedas, color amarillento, con gravas y boleos de hasta 6" de diámetro.
PCA15	0 a 0.30 m. 0.30 a 0.90 m. 0.90 a 2.00 m. 2.00 a 2.70 m. Fondo 2.70 m.	Capa vegetal: Arcillas secas, color café oscuro, con muchas gravas y raíces. Terreno natural: Conglomerado formado por arenas limosas/arcillosas, de grano fino, color rojizo, y vetas de arcillas, color café oscuro y verdoso, con muchas gravas. Conglomerado formado por arenas arcillosas, color amarillento, con muchas gravas y boleos de hasta 8" de diámetro, con vetas delgadas intercaladas de arcillas color verdoso. Conglomerado formado por gravas y boleos de hasta 8" de diámetro, empacados en matrices de arenas arcillosas, color rojizo.
PCA16	0 a 0.15 m. 0.15 a 1.60 m. 1.60 a 2.30 m. 2.30 a 3.20 m. 3.20 a 3.50 m.	Relleno formado por arcillas secas, color café claro, con gravas y raíces. Relleno formado por arcillas, color café oscuro y mezclas con arenas arcillosas, color café claro, con gravas y boleos de hasta 6" de diámetro. Arcillas del lugar, color café claro. Terreno natural: Arenas arcillosas/arcillas arenosas, de alta densidad, color café claro. Arenas arcillosas/arcillas arenosas, color café claro, muy fracturadas.

SONDEO	PROFUNDIDAD	ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES
PCA17	0 a 0.25 m. 0.25 a 0.70 m. 0.70 a 0.90 m. 0.90 a 1.60 m. 1.60 a 4.10 m. 4.10 a 4.30 m. Fondo 4.30 m.	Relleno formado por arcillas arenosas, secas, color café oscuro, con gravas. Relleno formado por arenas arcillosas, color café claro, y mezclas con arcillas, color café oscuro. Capa vegetal: Arcillas secas, con gravas y raíces. Arcillas del lugar, color café oscuro, con gravas e incrustaciones de carbonatos, color blancuzco. Arcillas del lugar, color café oscuro, con gravas aisladas. Terreno natural: Conglomerado formado por gravas y boleos de hasta 8" de diámetro, empacados en matrices de arenas arcillosas, color café claro-amarillento.
PCA18	0 a 0.40 m. 0.40 a 1.20 m. 1.20 a 1.40 m. 1.40 a 1.90 m. 1.90 a 3.00 m. 3.00 a 4.00 m. Fondo 4.00 m.	Relleno formado por arenas arcillosas, de grano medio, color rojizo, con gravas y boleos de hasta 8" de diámetro, y mezclas con arenas arcillosas, moderadamente húmedas, color café claro. Relleno formado por arenas arcillosas, moderadamente húmedas, color café claro, con gravas. Relleno formado por arcillas, moderadamente húmedas, color café oscuro. Arcillas del lugar, color café oscuro. Terreno natural: Arenas arcillosas, de alta densidad, de grano grueso, color rojizo. Arenas arcillosas, de alta densidad, de grano grueso, color rojizo, con gravas aisladas.
PCA19	0 a 1.20 m. 1.20 a 1.90 m. 1.90 a 3.80 m. 3.80 a 4.20 m. 4.20 a 4.70 m. Fondo 4.70 m.	Relleno formado por arenas de grano medio, húmedas, color rojizo, con muchas gravas. Relleno formado por arenas arcillosas, moderadamente húmedas, color café claro, con gravas. Relleno formado por arenas arcillosas, color rojizo, y mezclas con arenas arcillosas, moderadamente húmedas, color café claro, con gravas y boleos de hasta 6" de diámetro. Arcillas del lugar, color café claro, con gravas. Terreno natural: Arenas arcillosas/limosas, color café claro-verdoso, con intercalaciones de arcillas arenosas, color café claro, con vetas intercaladas de arcillas color verdoso, moderadamente húmedas, con gravas aisladas.
PCA20	0 a 1.50 m. 1.50 a 2.50 m. 2.50 a 2.90 m. 2.90 a 3.50 m.	Relleno formado por arenas arcillosas, y mezclas con arcillas arenosas, moderadamente húmedas, color café claro, con gravas, contaminadas con escombros y basura. Relleno formado por arenas arcillosas, color café claro, y mezclas con arcillas color café oscuro, y vetas intercaladas de arenas color rojizo, con gravas. Arcillas del lugar, color café oscuro, con muchas gravas. Terreno natural: Conglomerado formado por gravas y boleos de hasta 6" de diámetro, empacados en matrices de arenas arcillosas, color rojizo y de arcillas color café claro-verdoso.

No. SONDEO	PCA3
PROF. DEL SONDEO	4.80 m
NIVEL DE INICIO DEL SONDEO	
METODO DE EXPLORACION	Pozo a Cielo Abierto utilizando retroexcavadora Case 580.
UBICACION	Ver FIGURA 03.



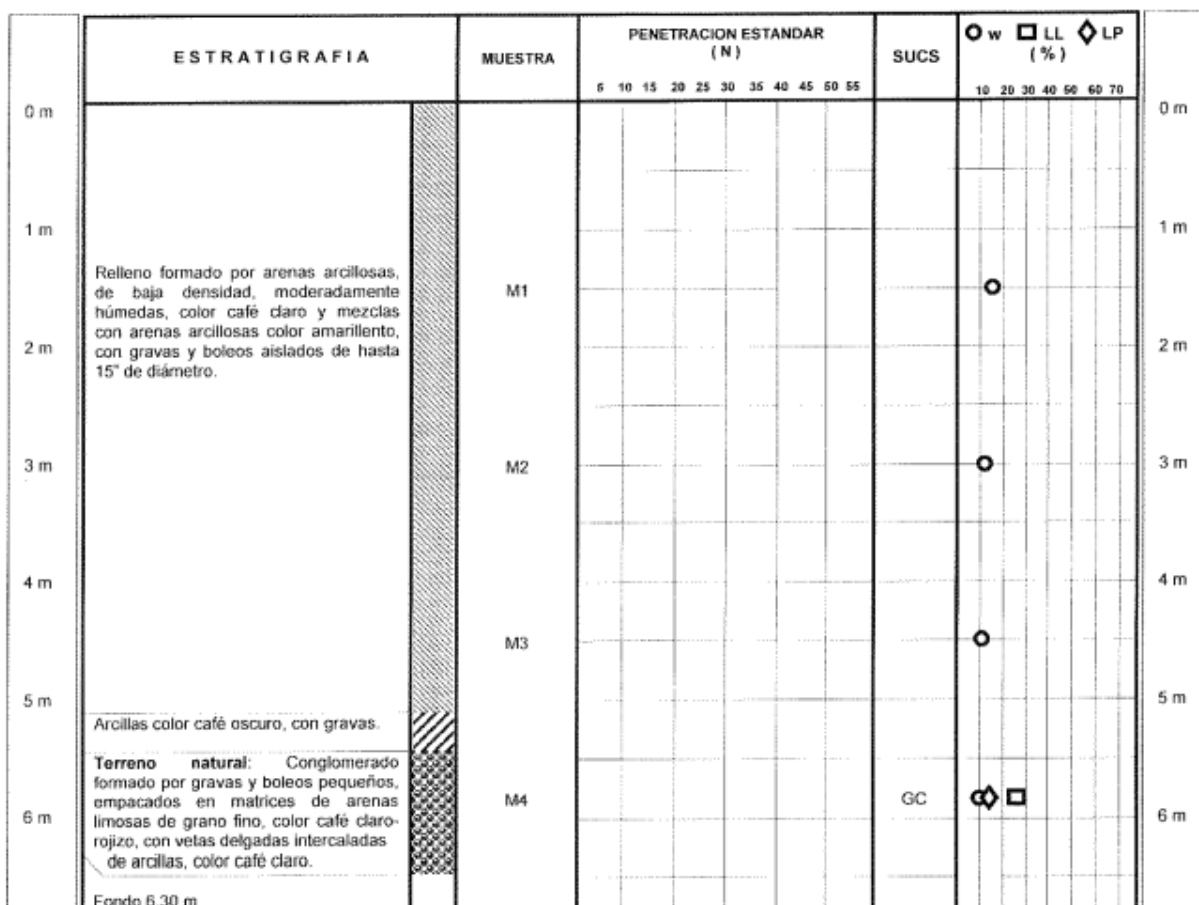
Arcillas arenosas, secas, color café oscuro, con gravillas.

Arcillas arenosas, moderadamente húmedas, color café oscuro, con gravas y boleas de hasta 10" de diámetro.

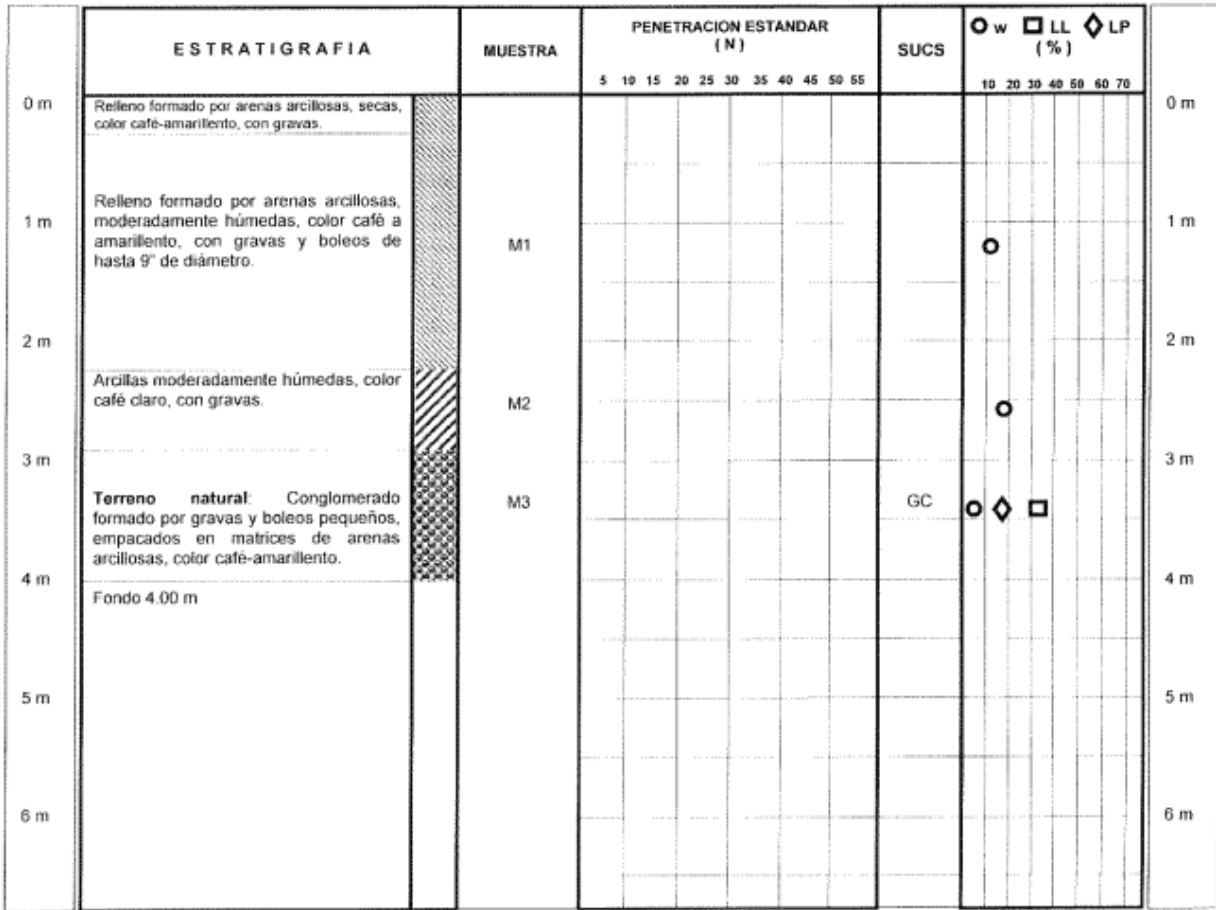
Terreno natural: Conglomerado formado por gravas y boleas de hasta 13" de diámetro, fuertemente empacados en matrices de arenas arcillosas, de grano medio a grueso, color amarillento.

Fondo 4.80 m

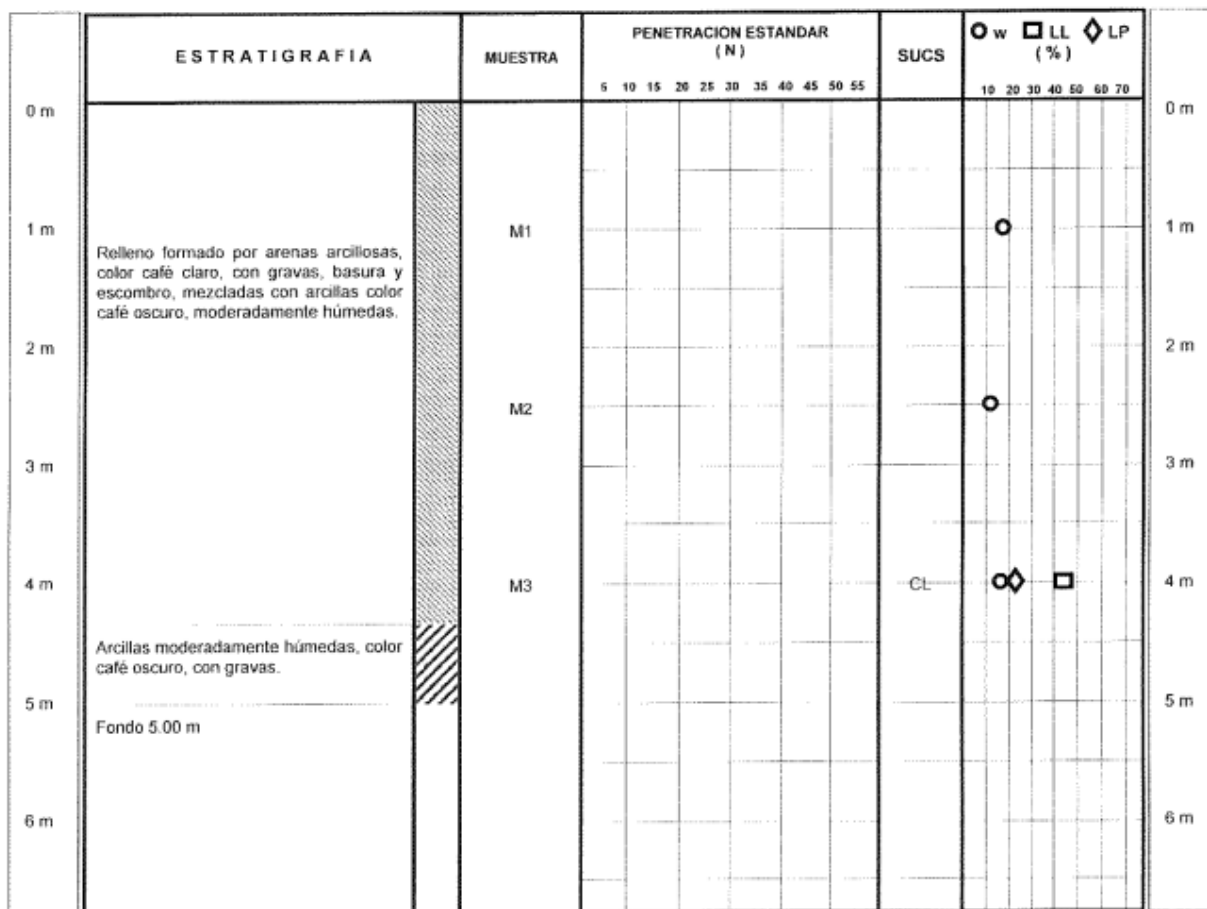
No. SONDEO	PCA5
PROF. DEL SONDEO	6.30 m (profundizó la retro con excavación previa de 1 m en la superficie).
NIVEL DE INICIO DEL SONDEO	
METODO DE EXPLORACION	Pozo a Cielo Abierto utilizando retroexcavadora Case 580.
UBICACION	Ver FIGURA 03.



No. SONDEO	PCA9
PROF. DEL SONDEO	4.00 m.
NIVEL DE INICIO DEL SONDEO	
METODO DE EXPLORACION	Pozo a Cielo Abierto utilizando retroexcavadora Case 580.
UBICACION	Ver FIGURA 03.



No. SONDEO	PCA11
PROF. DEL SONDEO	5.00 m.
NIVEL DE INICIO DEL SONDEO	
METODO DE EXPLORACION	Pozo a Cielo Abierto utilizando retroexcavadora Case 580.
UBICACION	Ver FIGURA 03.

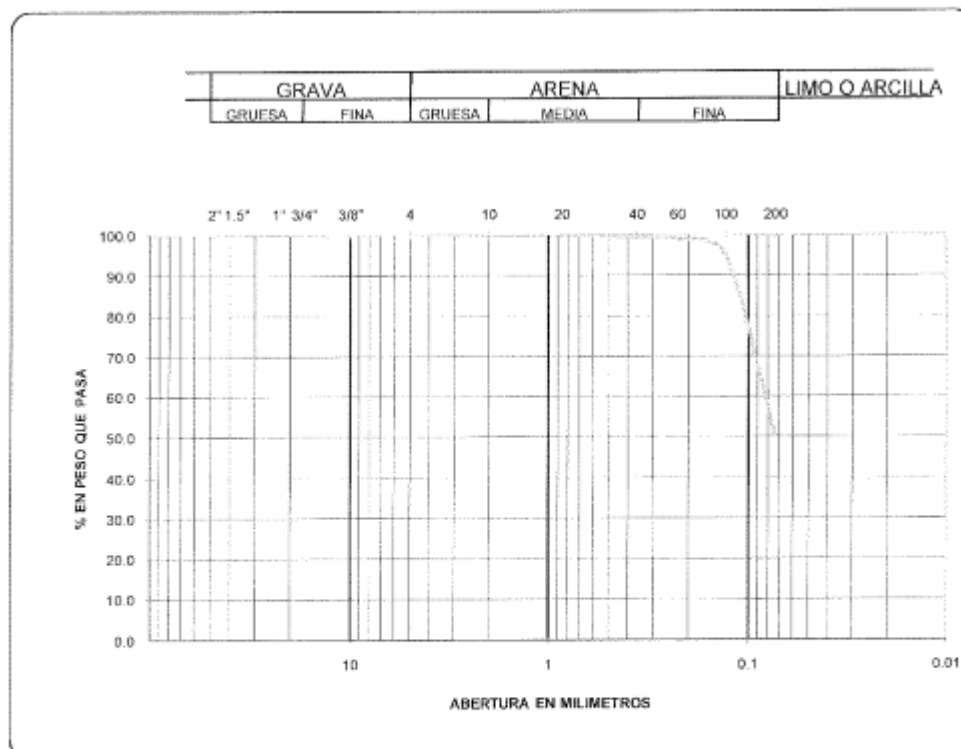


No. SONDEO	PCA14
PROF. DEL SONDEO	2.50 m.
NIVEL DE INICIO DEL SONDEO	
METODO DE EXPLORACION	Pozo a Cielo Abierto utilizando retroexcavadora Case 580.
UBICACION	Ver FIGURA 03.

	ESTRATIGRAFIA	MUESTRA	PENETRACION ESTANDAR (N)											SUCS	w	□ LL (%)	◇ LP		
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55						
0 m	Terreno natural: Arenas gruesas, moderadamente húmedas, color rojizo-amarillento, con gravas.	M1																	0 m
1 m		Arenas gruesas, moderadamente húmedas, color amarillento, con gravas y boleos de hasta 6" de diámetro.	M2																1 m
2 m																			2 m
3 m	Fondo 2.50 m																		
4 m																			4 m
5 m																			5 m
6 m																			6 m

Apéndice B. Resultados de pruebas de laboratorio.

ANALISIS GRANULOMETRICO.

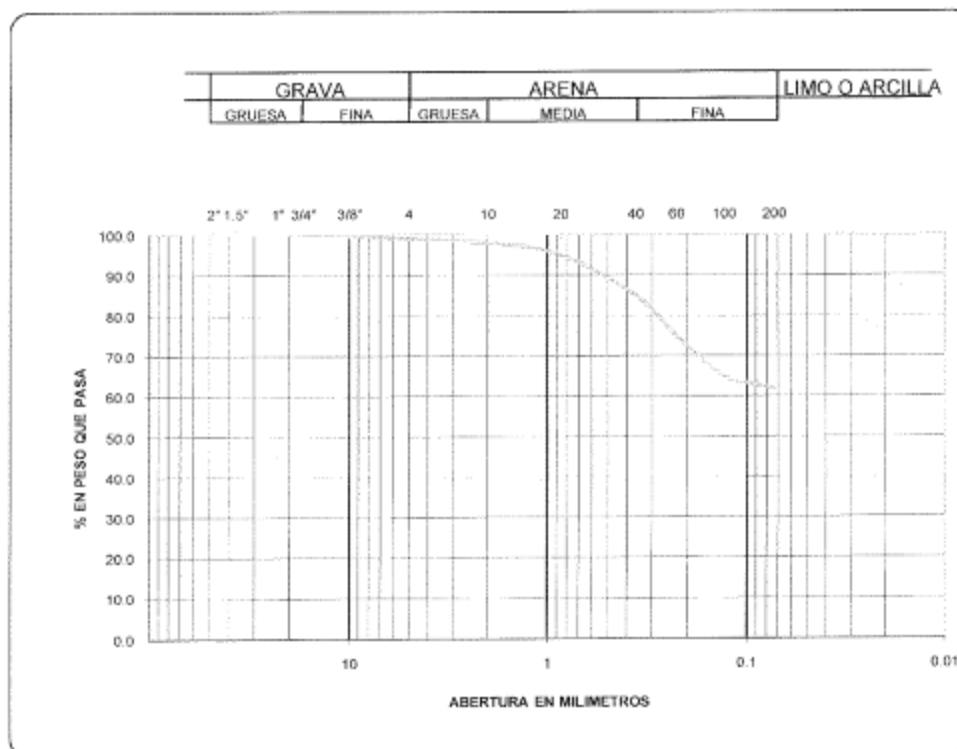


DATOS			CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación S.U.C.S.
PROCEDENCIA	Muestra	Profundidad	W	LL	L.P.	C.L.	Cu	Cc	Gravas	Arenas	Finos	
	No.	Metros	%	%	%	%			%	%	%	%
PCA1	M1	0.30-1.00 m	14	49	24	/			2.0	48.0	70.0	CL

W= humedad. LL= Limite Liquido. L.P.= Limite plástico. C.L.= Contracción lineal. $C_u = D_{60}/D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$

S.U.C.S.= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

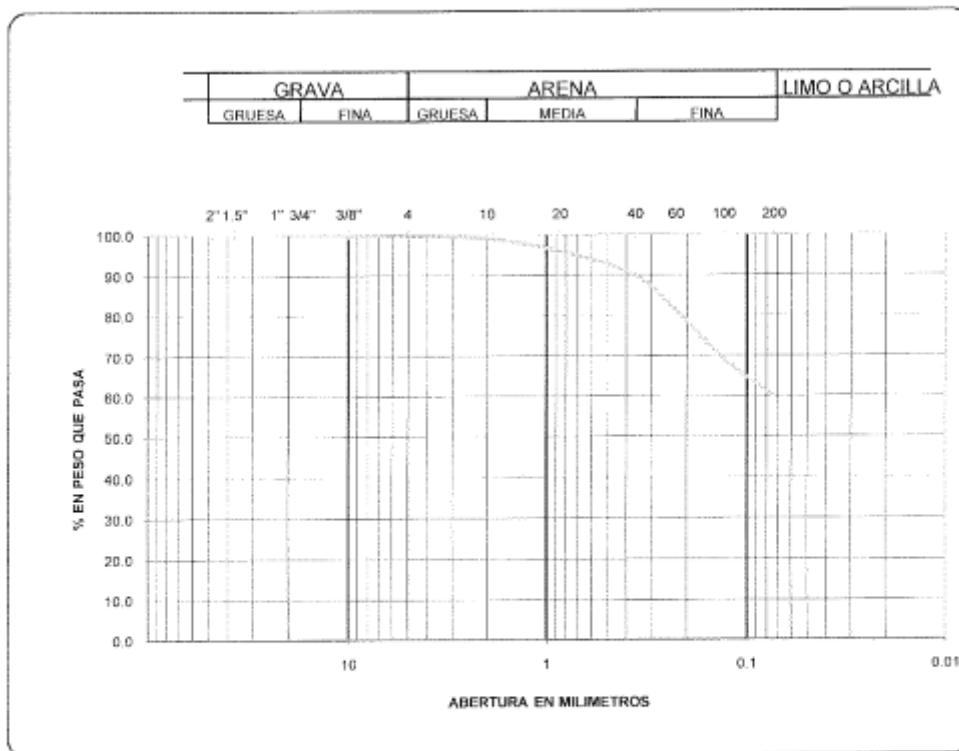
ANALISIS GRANULOMETRICO.



DATOS			CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación
PROCEDENCIA	Muestra	Profundidad	W	LL	LP	C.L.	Cu	Cc	Gravas	Arenas	Finos	S.U.C.S.
	No.	Metros	%	%	%	%			%	%	%	
PCA3	M2	0.40-1.50 m	14	49	26	10			5.0	33.0	62.0	CL

W= humedad. LL = Limite Liquido. LP.= Limite plástico. C.L.= Contracción lineal. Cu= D60/D10. Cc=(D30)²/(D10xD60)
 S.U.C.S.= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

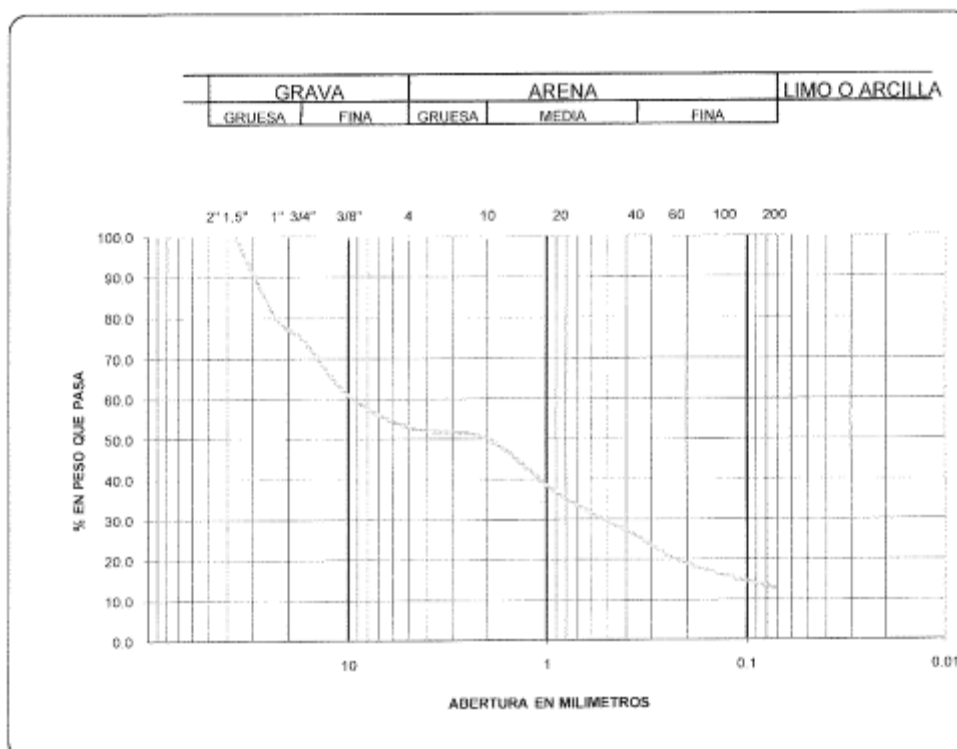
ANALISIS GRANULOMETRICO.



DATOS			CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación
PROCEDENCIA	Muestra	Profundidad	W.	L.L.	L.P.	C.L.	Cu.	Cc.	Gravas	Arenas	Finos	S.U.C.S.
	No.	Metros	%	%	%	%			%	%	%	
PCA4	M2	0.40-1.50 m	17	47	26	...			0.0	40.0	...	CL

W= humedad. L.L.= Limite Liquido. L.P.= Limite plástico. C.L.= Contracción lineal., Cu= D60/D10. Cc=(D30)²/(D10xD60)
 S.U.C.S= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

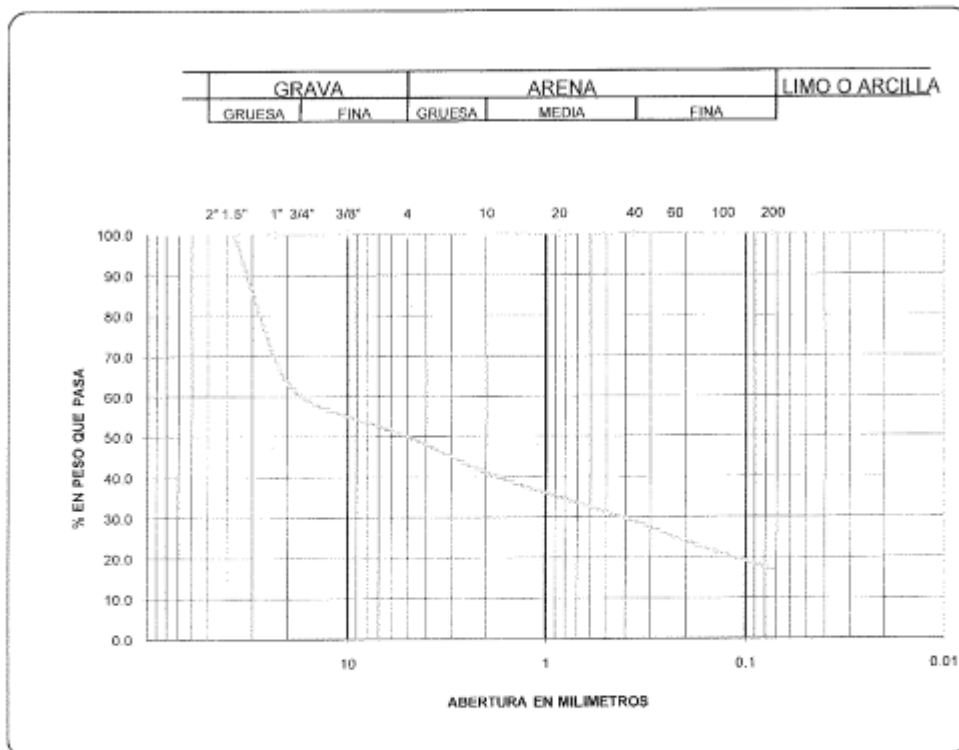
ANALISIS GRANULOMETRICO.



DATOS			CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación S.U.C.S.
PROCEDECENCIA	Muestra	Profundidad	W	LL	LP	C.L	Cu	Cc	Gravas	Arenas	Finos	
	No	Metros	%	%	%	%			%	%	%	
PCA5	M4	5.40-6.30 m	8	26	13	2			45.0	42.0	13.0	GC

W= humedad. LL= Limite Liquido. LP.= Limite plástico. C.L= Contracción lineal. $C_u = D_{60}/D_{10}$. $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$
 S.U.C.S.= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

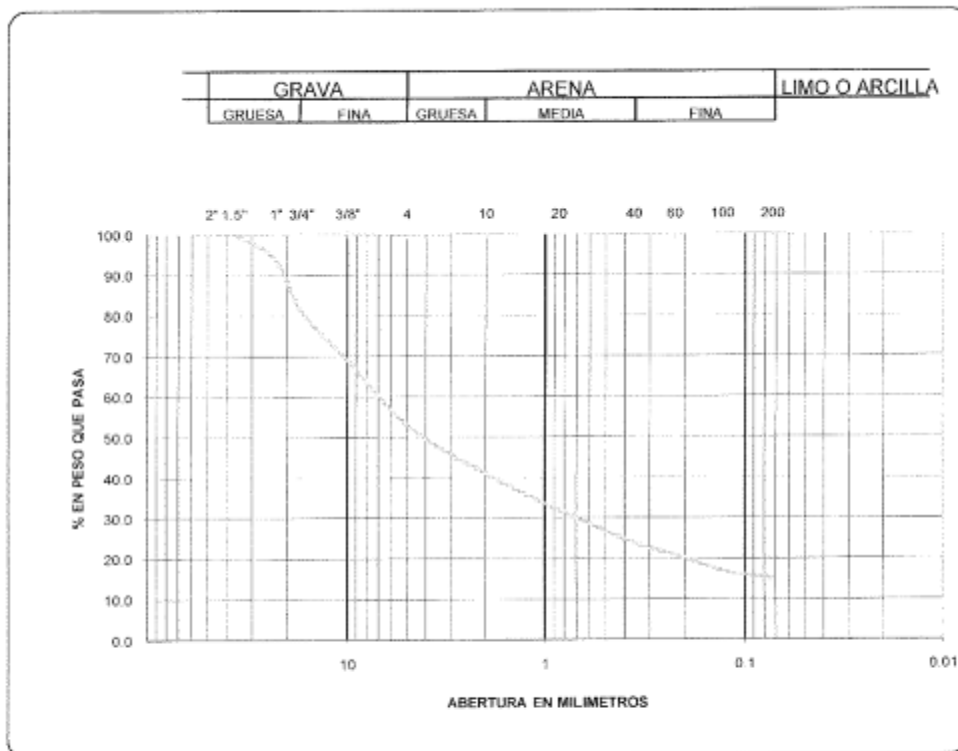
ANALISIS GRANULOMETRICO.



DATOS			CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación S.U.C.S.
PROCEDENCIA	Muestra	Profundidad	W	LL	LP	C.L.	Cu	Cc	Gravas	Arenas	Finos	
	No.	Metros	%	%	%	%			%	%	%	
PCA7	M3	2.00-3.70 m	21	45	22				50.0	33.0	17.0	GC

W= humedad. LL= Limite Liquido. LP= Limite plástico. C.L.= Contracción lineal. Cu= D60/D10. Cc=(D30)²/(D10xD60)
 S.U.C.S= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

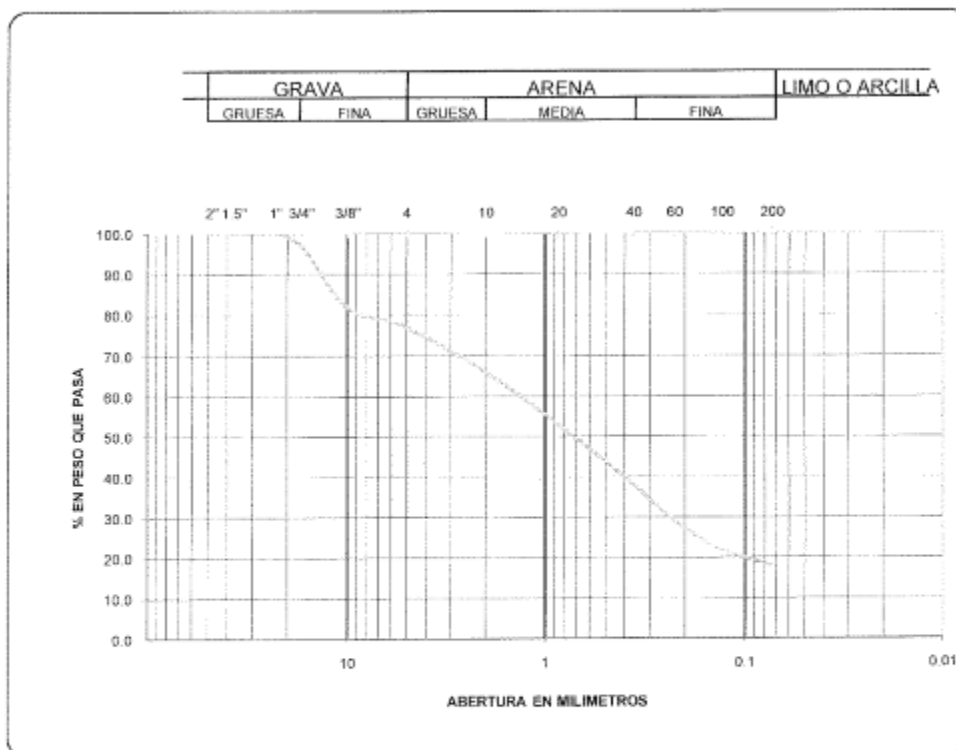
ANALISIS GRANULOMETRICO.



DATOS			CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación
PROCEDENCIA	Muestra	Profundidad	W	LL	LP	C.L	Cu	Cc	Gravas	Arenas	Finos	S.U.C.S.
	No.	Metros	%	%	%	%			%	%	%	
PCA9	M3	2.90-4.00 m	5	33	18	0			46.0	39.0	15.0	GC

W= humedad. LL= Limite Liquido. LP= Limite plastico. C.L= Contraccion lineal. Cu= D60/D10. Cc=(D30)²/(D10xD60)
 S.U.C.S= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

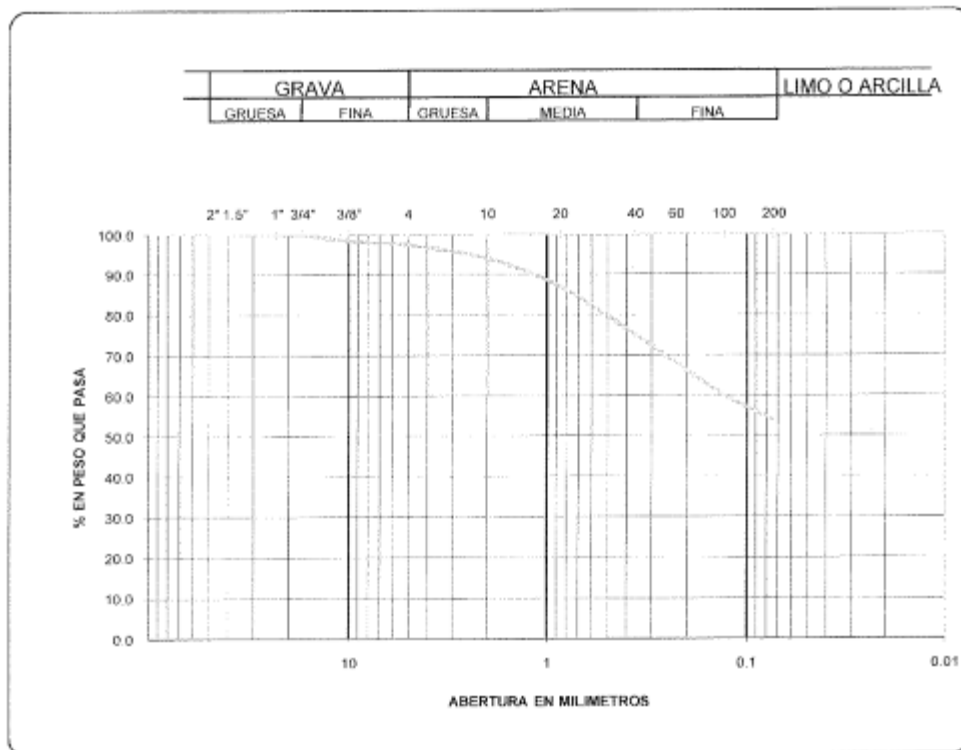
ANALISIS GRANULOMETRICO.



PROCEDENCIA	DATOS		CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación S.U.C.S.
	Muestra	Profundidad	W	LL	LP	C.L	Cu	Cc	Gravas	Arenas	Finos	
	No.	Metros	%	%	%	%			%	%	%	
PCA10	M4	4.80-5.00 m	7	26	13	8			23.0	59.0	18.0	SC

W= humedad. LL= Limite Liquido. LP= Limite plástico. C.L= Contracción lineal. Cu= D60/D10. Cc=(D30)²/(D10xD60)
 S.U.C.S= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

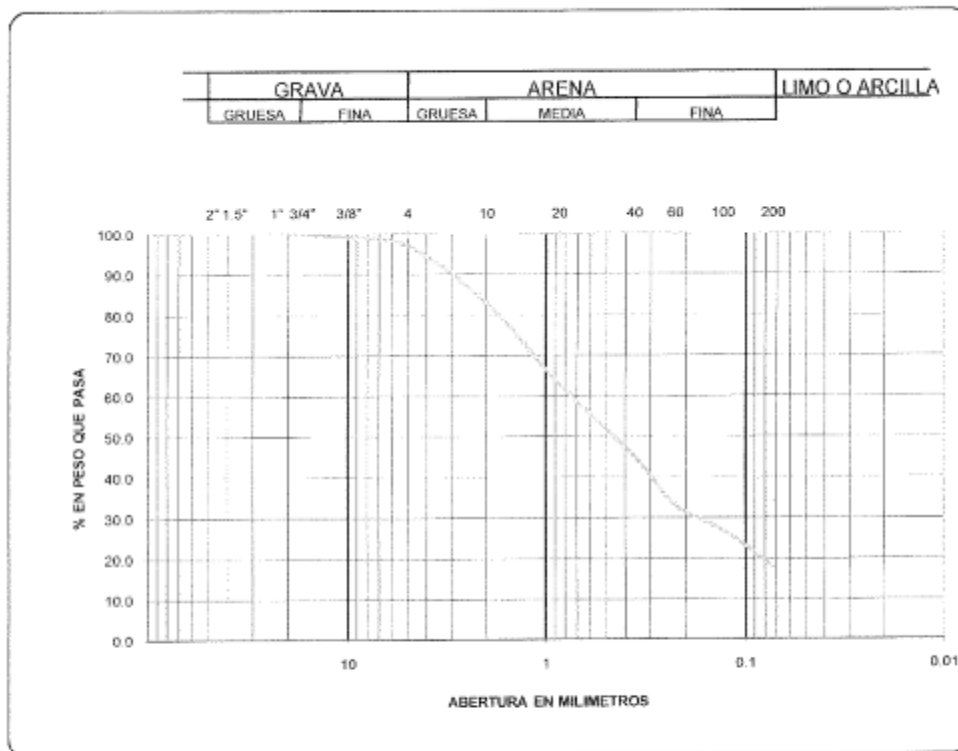
ANALISIS GRANULOMETRICO.



DATOS			CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación
PROCEDENCIA	Muestra	Profundidad	W	LL	LP	C.L.	Cu	Cc	Gravas	Arenas	Finos	S.U.C.S.
	No.	Metros	%	%	%	%			%	%	%	
PCA11	M3	4.00 m	17	44	22	11			3.0	43.0	54.0	CL

W= humedad. LL= Limite Liquido. LP= Limite plastico. C.L.= Contraccion lineal. Cu= D60/D10. Cc=(D30)²/(D10xD60)
 S.U.C.S= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

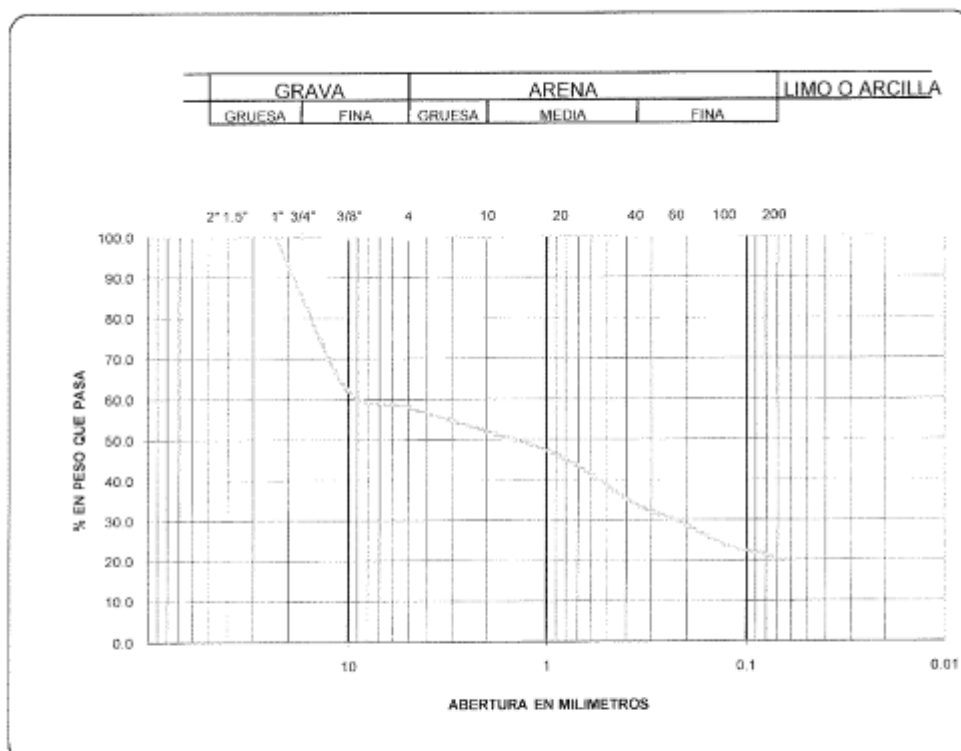
ANALISIS GRANULOMETRICO.



PROCEDENCIA	DATOS		CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación S.U.C.S.
	Muestra	Profundidad	W	LL	LP	C.L.	Cu	Cc	Gravas	Arenas	Finos	
	No.	Metros	%	%	%	%			%	%	%	
PCA13	M2	2.00 m	5	26	13	1			4.0	78.0	18.0	SC

W= humedad. LL= Limite Liquido. LP= Limite plástico. C.L.= Contracción lineal. Cu= D60/D10. Cc=(D30)²/(D10xD60)
 S.U.C.S.= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

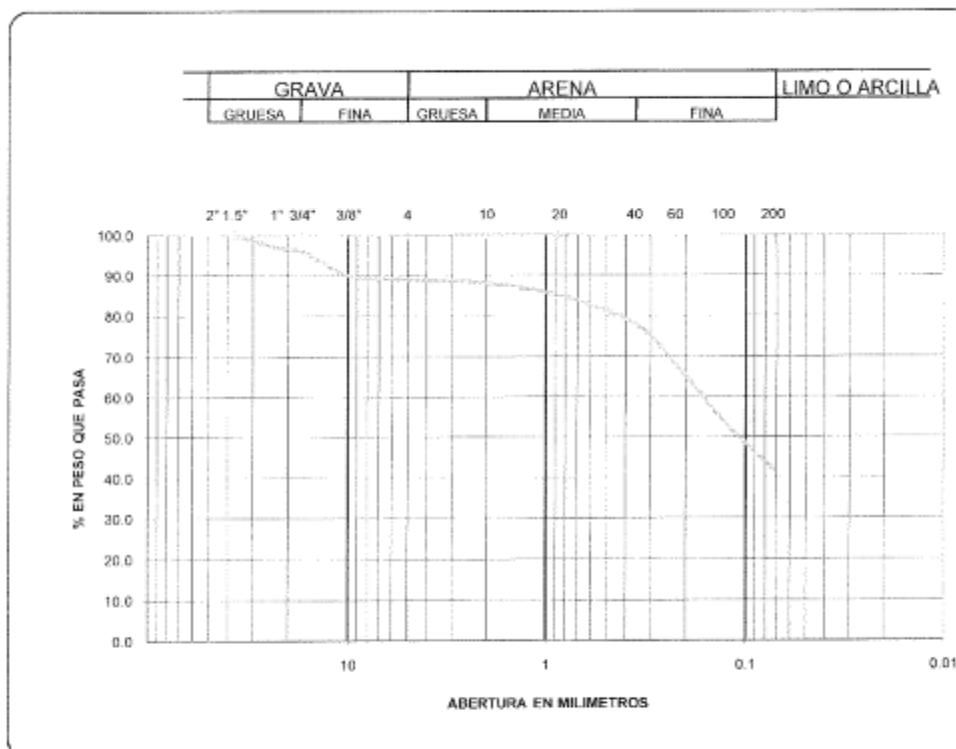
ANALISIS GRANULOMETRICO.



DATOS			CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación S.U.C.S.
PROCEDENCIA	Muestra	Profundidad	W	LL	LP	C.L	Cu	Cc	Gravas	Arenas	Finos	
	No.	Metros	%	%	%	%			%	%	%	
PCA15	M2	0.90-2.00 m	7	36	17				43.0	36.0		GC

W= humedad. LL= Limite Liquido. LP= Limite plástico. C.L= Contracción lineal. Cu= D60/D10. Cc=(D30)²/(D10xD60)
 S.U.C.S= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

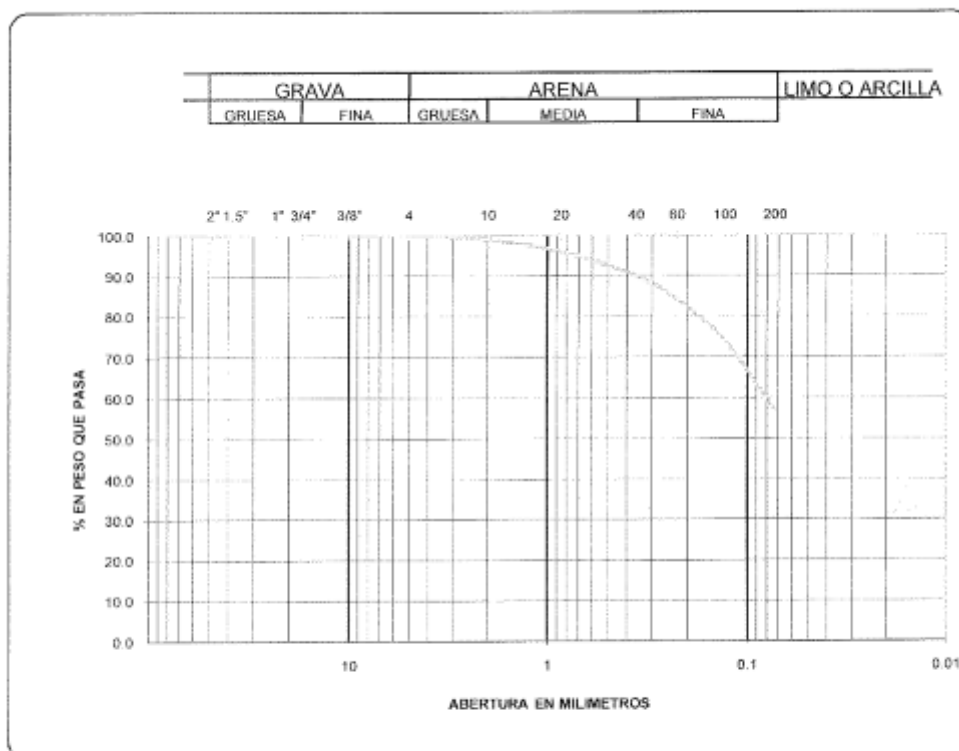
ANALISIS GRANULOMETRICO.



DATOS			CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación S.U.C.S.
PROCEDENCIA	Muestra	Profundidad	W	LL	LP	C.L	Cu	Cc	Gravas	Arenas	Finos	
	No.	Metros	%	%	%	%			%	%	%	
PCA16	M1	0.15-1.60 m	24	54	27	<2			13.0	45.0	42.0	SC

W= humedad. LL= Limite Liquido. LP= Limite plástico. C.L= Contracción lineal. Cu= D60/D10. Cc=(D30)²/(D10xD60)
 S.U.C.S= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

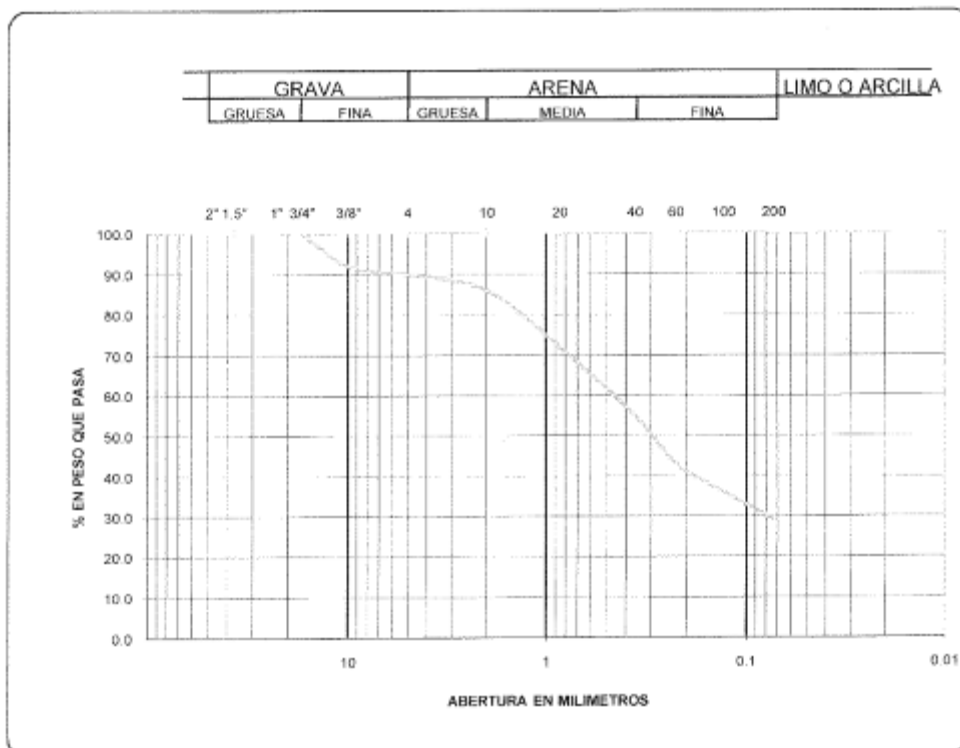
ANALISIS GRANULOMETRICO.



DATOS			CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación S.U.C.S.
PROCEDENCIA	Muestra	Profundidad	W.	LL	L.P.	C.L.	Cu	Cc	Gravas	Arenas	Finos	
	No.	Metros	%	%	%	%			%	%	%	
PCA17	M2	0.90-1.60 m	21	55	27	5			0.0	43.0	57.0	CH

W= humedad. LL= Limite Liquido. L.P.= Limite plástico. C.L.= Contracción lineal. Cu= D₆₀/D₁₀. Cc=(D₃₀)²/(D₁₀×D₆₀)
 S.U.C.S= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

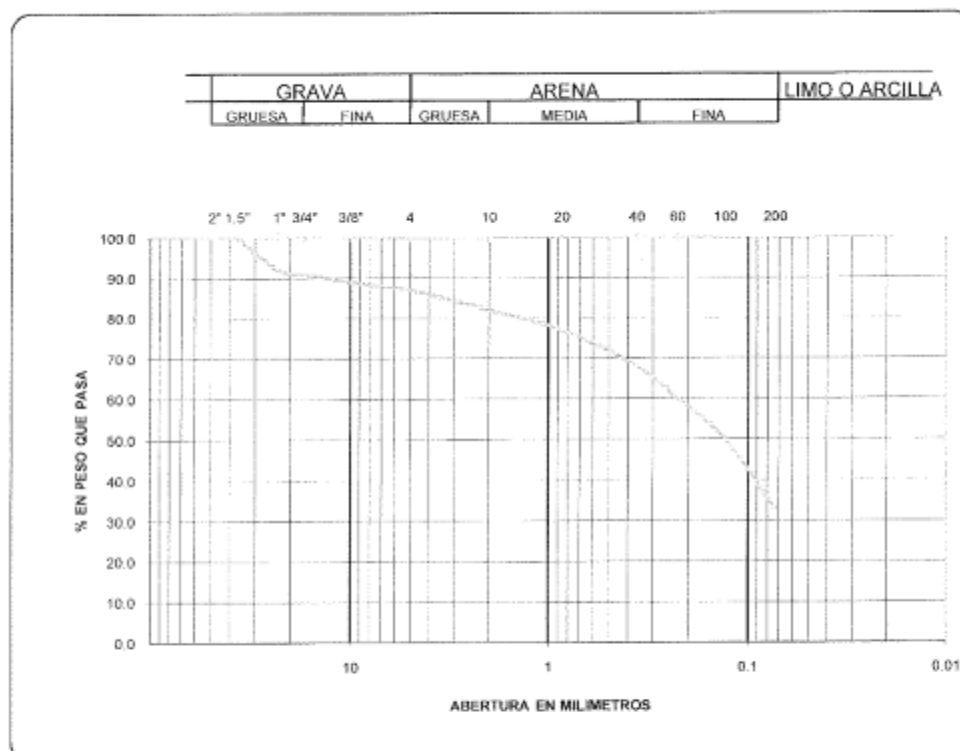
ANALISIS GRANULOMETRICO.



DATOS			CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación S.U.C.S.
PROCEDENCIA	Muestra	Profundidad	W	LL	LP	C.L	Cu	Cc	Gravas	Arenas	Finos	
	No.	Metros	%	%	%	%			%	%	%	
PCA18	M2	0.40-1.20 m	7	35	17	8			9.0	62.0	28.9	SC

W= humedad. LL= Limite Liquido. LP= Limite plástico. C.L= Contracción lineal. Cu= D60/D10. Cc=(D30)²/(D10xD60)
 S.U.C.S= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

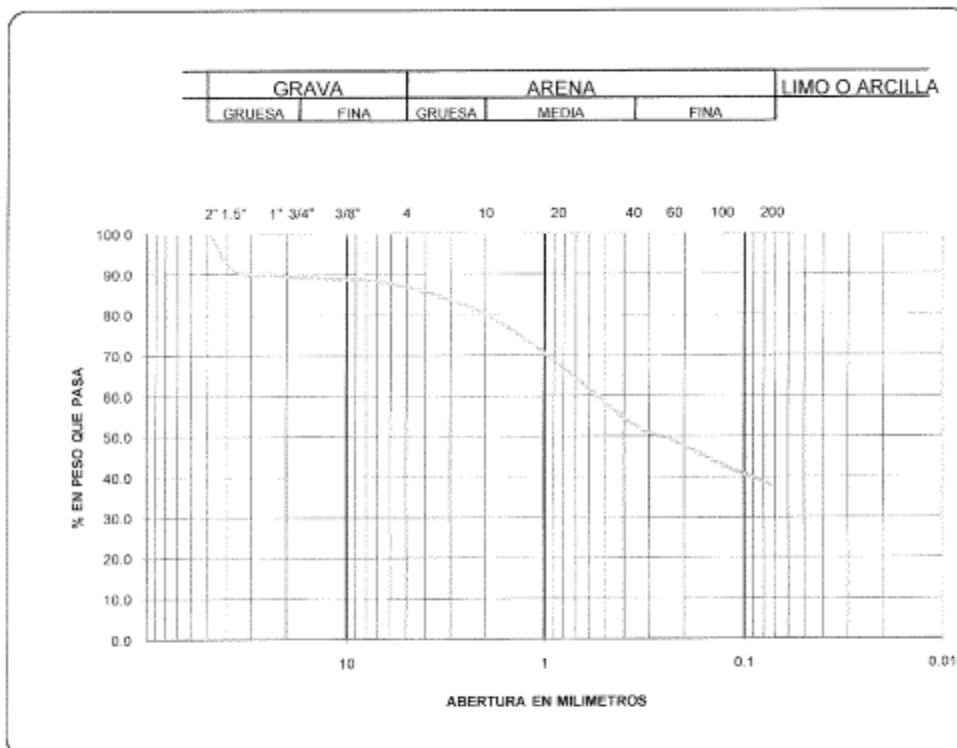
ANALISIS GRANULOMETRICO.



DATOS			CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación S.U.C.S.
PROCEDENCIA	Muestra	Profundidad	W	L.L.	L.P.	C.L.	Cu	Cc	Gravas	Arenas	Finos	
	No	Metros	%	%	%	%			%	%	%	
PCA20	M2	1.50-2.50 m	10	42	21	/			14.0	53.0	33.0	SC

W= humedad. L.L.= Limite Liquido. L.P.= Limite plástico. C.L.= Contracción lineal. Cu= D60/D10. Cc=(D30)²/(D10xD60)
 S.U.C.S= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

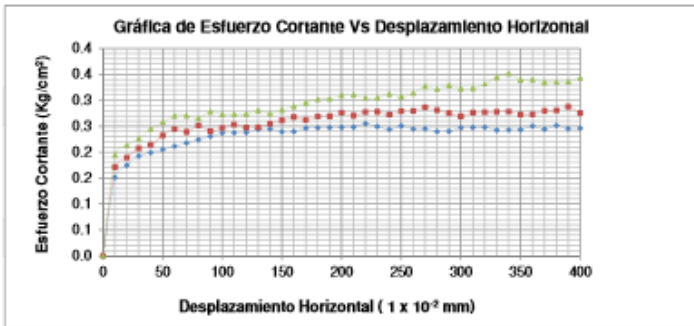
ANALISIS GRANULOMETRICO.



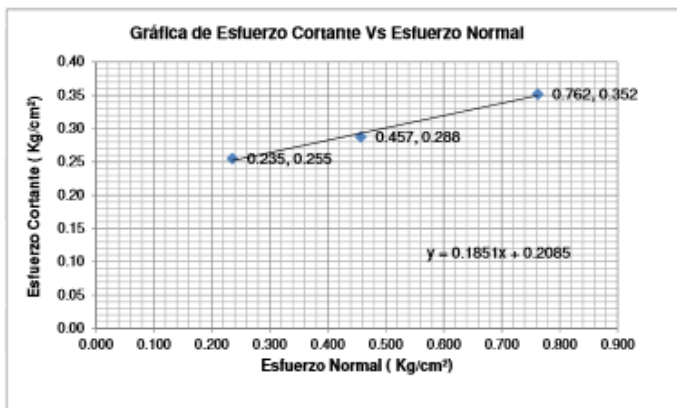
DATOS			CARACTERISTICAS						GRANULOMETRIAS. % PASA			Clasificación
PROCEDENCIA	Muestra	Profundidad	W.	LL	LP.	C.L.	Cu.	Cc.	Gravas	Arenas	Finos	S.U.C.S.
	No.	Metros	%	%	%	%			%	%	%	
SP	M10	6.00-6.54 m	8	39	19	/			14.0	48.0	38.0	SC

W= humedad. LL= Limite Liquido. LP.= Limite plástico. C.L.= Contracción lineal. Cu= D60/D10. Cc=(D30)²/(D10xD60)
 S.U.C.S.= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

FIGURA C02



Esfuerzo Normal	Esfuerzo Cortante	
0.235	0.255	KG/CM2
0.457	0.288	KG/CM2
0.762	0.352	KG/CM2



PRUEBA DE CORTE DIRECTO EN SUELOS (ASTM D3080)

PROYECTO: DESARROLLO HABITACIONAL - ACUEDUCTO 48
 BLVD. GUADALAJARA, TIJUANA, B.C.
 MUESTRA: PCA2-M2 (1.33 m)

DESCRIPCION DEL SUELO: RELLENO SIN DOCUMENTAR (Quof)
 ARCILLAS DE COLOR CAFÉ OSCURO CON
 CARBONATOS, DE GRANO FINO, HÚMEDAS
 TIPO DE MUESTRA: INALTERADA

CORRIDA	A	B	C	KG
CARGA N	3.41	10.51	17.33	



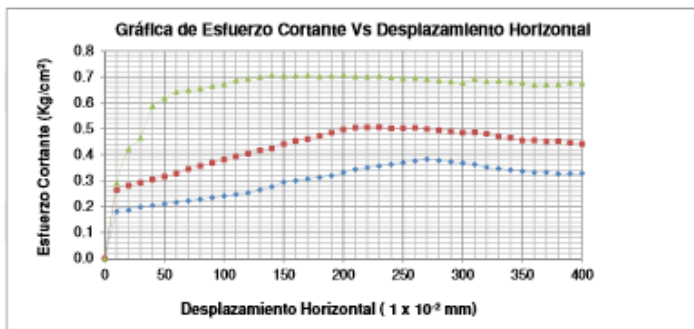
ϕ (°)
10.5

C (Kg/cm²)	c (KN/m²)
0.22	22.00

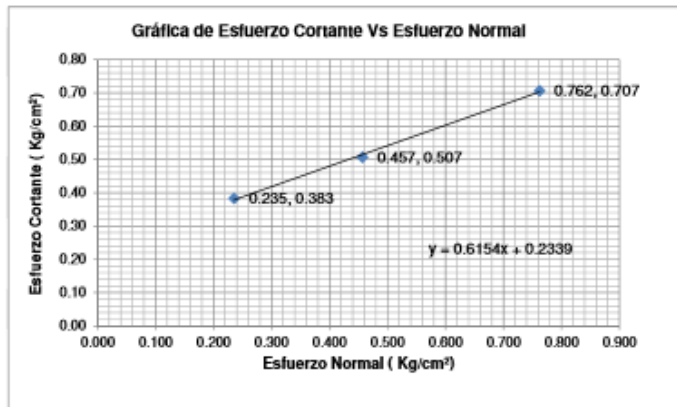
PESO VOLUMETRICO HUMEDO 1821 a 1833 KG/M3



FIGURA C3



Esfuerzo Normal	Esfuerzo Cortante	
0.235	0.383	KG/CM2
0.457	0.507	KG/CM2
0.762	0.707	KG/CM2



PRUEBA DE CORTE DIRECTO EN SUELOS (ASTM D3080)

PROYECTO: DESARROLLO HABITACIONAL - ACUEDUCTO 48
 BLVD. GUADALAJARA, Tijuana, B.C.
 MUESTRA: PCA3A-M1 (2.20 m) CORTE

DESCRIPCION DEL SUELO: ARENISCAS TOBACEAS DE COLOR CAFÉ CLARO A GRIS CLARO, DE PLASTICIDAD BAJA A MEDIA DE GRANO FINO A MEDIA INALTERADA

TIPO DE MUESTRA

CORRIDA	A	B	C	
CARGA N	5.41	10.51	17.53	KG



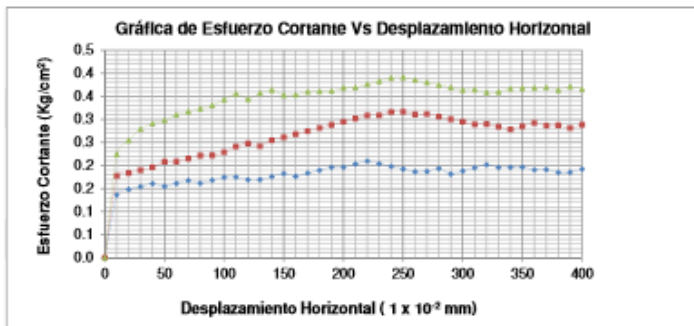
ϕ (°)
32

C (Kg/cm ²)	c (KN/m ²)
0.22	22.00

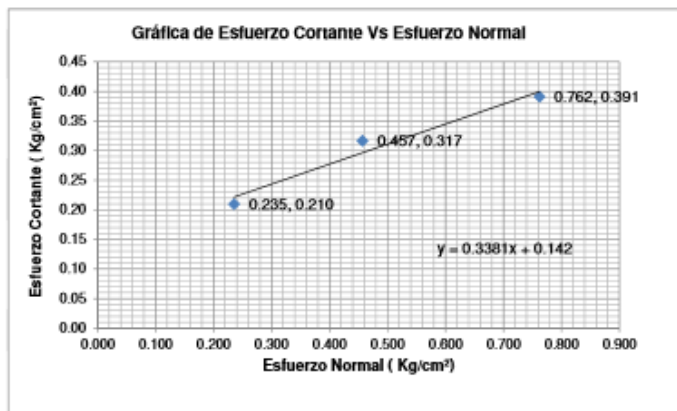
PESO VOLUMETRICO HUMEDO 1892 a 1962 KG/M3



FIGURA C01



Esfuerzo Normal	Esfuerzo Cortante	
0.235	0.210	KG/CM2
0.457	0.317	KG/CM2
0.762	0.391	KG/CM2



PRUEBA DE CORTE DIRECTO EN SUELOS (ASTM D3080)

PROYECTO: DESARROLLO HABITACIONAL - ACUEDUCTO 48
BLVD. GUADALAJARA, Tijuana, B.C.
MUESTRA: PCA2-M3 (2.20 m)

DESCRIPCION DEL SUELO: RELLENO PREVIAMENTE COLOCADO (Qp)
PRODUCTO DE CORTE DE TOBAS
MEDIANAMENTE COMPACTOS A COMPACTOS
INALTERADA

TIPO DE MUESTRA

CORRIDA	A	B	C	KG
CARGA N	5.41	10.51	17.53	



ϕ (°)
19

C (Kg/cm ²)	C (KN/m ²)
0.15	15.00

PESO VOLUMETRICO HUMEDO 1725 ± 1853 KG/M3

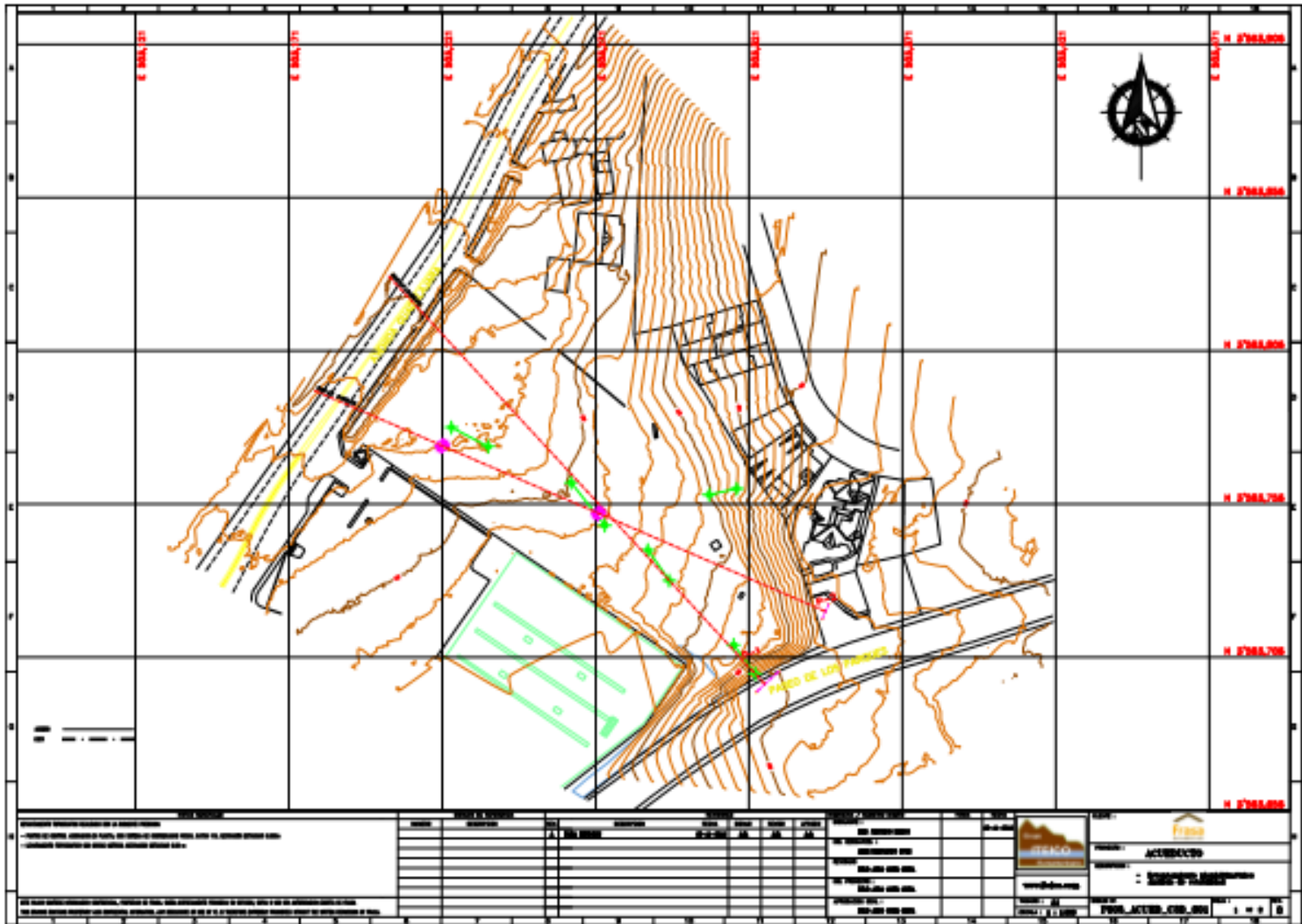


Apéndice C. Planos arquitectónicos.

Archivo adjunto.

Apéndice D. Plantas topográficas generales.





Apéndice E. Tipología y predimensionamiento de muros de contención.

Archivo adjunto.

Apéndice F. Informe técnico para Grupo ITEICO Euroamericano.

Archivo adjunto.