



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA ESTRUCTURAL PARA LA PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN
DE LOS TALUDES DE LA CALLE JULIO RAMOS (ABSCISA 0+400 A 0+600),
SECTOR LA BOTA, PARROQUIA COMITÉ DEL PUEBLO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de INGENIERO CIVIL

AUTOR: Antonio Josué Chuquizán Malte
TUTOR: Mariella Fernanda Zambrano Valverde

Quito - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Antonio Josué Chuquizán Malte con documento de identificación N° 0450012505 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 08 de marzo del 2024

Atentamente,



Antonio Josué Chuquizán Malte

0450012505

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Antonio Josué Chuquizán Malte con documento de identificación N° 0450012505, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Propuesta estructural para la protección y recuperación de los taludes de la calle Julio Ramos (abscisa 0+400 a 0+600), sector La Bota, parroquia Comité del Pueblo”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 08 de marzo del 2024

Atentamente,



Antonio Josué Chuquizán Malte

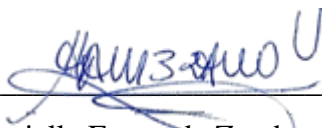
0450012505

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Mariella Fernanda Zambrano Valverde con documento de identificación N° 0603324401, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA ESTRUCTURAL PARA LA PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE LOS TALUDES DE LA CALLE JULIO RAMOS (ABSCISA 0+400 A 0+600), SECTOR LA BOTA, PARROQUIA COMITÉ DEL PUEBLO, realizado por Antonio Josué Chuquizán Malte con documento de identificación N° 0450012505, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 08 de marzo del 2024

Atentamente,



Ing. Mariella Fernanda Zambrano Valverde, MSc.

0603324401

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico a Dios, por haberme permitido culminar con éxito esta gran etapa de mi carrera profesional.

A mis padres, que a lo largo de este arduo pero gratificante viaje, su amor incondicional y apoyo constante han sido mi mayor inspiración, por sus consejos y su paciencia, por creer en mí y por su esfuerzo para que hoy logre cumplir mi sueño.

A mi esposa, por su apoyo incondicional, por su amor infinito, por no soltar mi mano y motivarme para que nuestro futuro este lleno de bendiciones.

A mis hermanos, por su cariño, por sus palabras de aliento y por todos los momentos que compartimos juntos.

A mis sobrinos, mis pequeños grandes motivadores, porque con su sonrisa me inspiraba a seguir luchando para ser su ejemplo para seguir.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida que me regala y por la oportunidad de ser mejor cada día.

A mi esposa por ser mi compañera en la etapa final de mi carrera, por motivarme y aportar su granito de arena para cumplir mis objetivos.

A mis padres y hermanos por su apoyo y esfuerzo desde el primer día que emprendí este viaje para que hoy pueda ser su orgullo.

A toda mi familia por siempre darme una palabra de aliento y haberme brindado su apoyo incondicional.

A mis suegros por sus consejos, su aliento y su generosidad fueron fundamentales para concluir esta etapa.

A mi tutora por confiar en mis capacidades, por su paciencia y dedicación en la supervisión de este trabajo y por su aporte de sabiduría académica fundamentales para la culminación exitosa de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Problema	2
1.2.1 Antecedentes.....	2
1.2.2 Importancia y alcance.....	3
1.2.3 Delimitación	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Grupo Objetivo.....	6
1.5 Objetivos.....	6
1.5.1 Objetivo general	6
1.5.2 Objetivos específicos.....	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Talud.....	8
2.2 Estabilidad de taludes	8
2.3 Tipos de falla	8
2.3.1 Desprendimientos	8
2.3.2 Volcamiento	9
2.3.3 Deslizamientos	10
2.3.4 Flujos o colada.....	10
2.4 Tipos de protección de taludes	11
2.4.1 Sistemas de defensas estructurales activas	11
2.4.1.2. Anclajes	11
2.4.1.3. Muros.....	12
2.4.1.4. Mallas metálicas	13

2.4.1.5. Geotextiles	14
2.4.2 Sistemas de defensas estructurales pasivas.....	14
2.4.2.1 Muros de concreto prefabricado	14
2.4.2.2. Muros de gaviones.....	15
2.4.2.3. Sistemas dinámicos.....	15
2.5 Factor De Seguridad	16
2.6 Método de Bishop simplificado.....	16
2.7 Factor sísmico.....	17
CAPÍTULO III	18
METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo de investigación	18
3.2. Método.....	18
3.3. Técnica de recolección de información	19
3.4. Proceso técnico de ingeniería civil	20
CAPÍTULO IV.....	23
ANÁLISIS Y MODELACIÓN DEL SUELO EN CONDICIONES ACTUALES ..	23
4.1 Estudios previos.....	23
4.1.1 Estudio topográfico	23
4.1.2 Estudios geotécnicos	23
4.2 Análisis del modelo suelo.....	23
4.2.1 Factores que intervienen en un análisis de estabilidad	24
4.2.1.1 Sobrecarga vehicular	24
4.2.1.2 Coeficientes sísmicos	24
4.2.1.3 Análisis del modelo suelo en PLAXIS LE	26
4.2.1.3 Análisis del modelo suelo en SLIDE3.....	33
4.2.1.4 Resultados generales.....	37
CAPÍTULO V	38

ANÁLISIS Y DESARROLLO DE ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN Y DE PROTECCIÓN	38
5.1 Geomallas.....	39
5.1.1 Propiedades y características	40
5.1.1.1 Propiedades físicas	40
5.1.1.2 Propiedades mecánicas	40
5.1.2 Puesta en obra.....	42
5.1.2.1 Preparación del terreno	42
5.1.2.2 Sujeción	43
5.1.2.3 Extensión de la geomalla.....	43
5.2 Malla de acero triple torsión.....	44
5.2.1 Propiedades y características	44
5.2.1.1 Propiedades físicas	44
5.2.1.2 Propiedades mecánicas	45
5.2.2 Puesta en obra.....	47
5.2.2.1 Preparación del terreno	47
5.2.2.2 Replanteo	48
5.2.2.3 Extensión de la malla.....	48
5.3 Hormigón proyectado	49
5.3.1 Propiedades y características	50
5.3.1.1 Adherencia.....	50
5.3.1.2 Versatilidad.....	50
5.3.1.3 Durabilidad	51
5.3.1.4 Impermeabilidad.....	51
5.3.1.5 Relación agua/cemento.....	51
5.3.1.6 Resistencia a la compresión.....	52
5.3.1.7 Peso unitario y módulo de estabilidad.....	52

5.3.1.8 Revenimiento.....	53
5.3.1.9 Espesor de capa	53
5.3.2 Componentes	54
5.3.2.1 Cemento.....	54
5.3.2.2 Agua	55
5.3.2.2 Agregados.....	55
5.3.2.3 Malla Electrosoldada	56
5.3.2.4 Aditivos	57
5.3.3 Diseño de la mezcla para proyección húmeda.....	57
5.3.3.1 Revenimiento.....	58
5.3.3.2 Resistencia	58
5.3.3.3 Relación agua cemento	59
5.3.3.4 Contenido de Cemento	59
5.3.3.5 Contenido de agregado grueso	59
5.3.3.6 Contenido de agregado fino.....	59
5.3.3.7 Corrección por humedad	60
5.3.3.8 Malla electrosoldada.....	61
5.3.4 Puesta en obra.....	61
5.3.4.1 Preparación del terreno	61
5.3.4.2 Instalación de drenes	62
5.3.4.3 Instalación de malla electrosoldada.....	62
5.3.4.4 Procedimientos preliminares antes del proyectado	62
5.3.4.5 Aplicación del concreto	62
5.3.4.6 Acabado	63
5.3.4.7 Curado	63
5.4 Anclajes activos permanentes.....	63

5.4.1 Componentes	64
5.4.1.1 Barra de acero	64
5.4.1.2 Cabeza de anclaje, placa y accesorios	66
5.4.1.3 Bulbo o lechada	67
5.4.2 Parámetros de diseño	68
5.4.2.1 Inclinación	69
5.4.2.2 Separación	69
5.4.2.3 Longitud del bulbo	70
5.4.2.4 Longitud libre	71
5.4.3 Comprobaciones de seguridad.....	72
5.4.3.1 Comprobación de la tensión admisible del acero	72
5.4.3.2 Comprobación del deslizamiento del tirante en la lechada, dentro del bulbo	73
5.4.3.3 Comprobación de la seguridad frente al arrancamiento del bulbo	73
5.4.4 Diseño.....	74
5.4.4.1 Cálculo de longitud del bulbo.....	75
5.4.4.2 Cálculo de longitud total del anclaje	75
5.4.4.3 Comprobaciones de seguridad.....	75
5.4.5 Puesta en obra.....	77
5.4.5.1 Centralizadores	78
5.4.5.2 Conductos de inyección.....	79
5.4.5.3 Perforaciones	80
5.4.5.4 Instalación.....	81
5.4.5.5 Inyección	82
5.4.5.6 Tensado del anclaje	84
5.4.5.7 Equipo de tensado.....	84
5.5 Verificación del factor de seguridad.....	86

5.5.1 Verificación del FS en PLAXIS LE	86
5.5.2 Verificación del FS en SLIDE3	89
5.6 Presupuesto general	91
5.6.1 Propuesta 1	91
5.6.2 Propuesta 2	92
5.7 PROPUESTA ESTRUCTURAL DEFINITIVA.....	93
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de seguridad mínimos	16
Tabla 2. Obtención del coeficiente sísmico horizontal.....	25
Tabla 3. Factores de seguridad calculados	37
Tabla 4. Propiedades de la geomalla tipo TRM	42
Tabla 5. Propiedades de la malla de triple torsión.....	47
Tabla 6. Relación agua-cemento	51
Tabla 7. Resistencia a la compresión requerida promedio	52
Tabla 8. Datos de revenimiento.....	53
Tabla 9. Tamaño máximo del agregado	54
Tabla 10. Cantidad de agua	55
Tabla 11. Volumen del agregado grueso	55
Tabla 12. Medidas de la malla electrosoldada.....	56
Tabla 13. Consideraciones de diseño de hormigón lanzado.....	58
Tabla 14. Adherencia suelo-lechada.....	71
Tabla 15. Coeficientes de seguridad.....	74
Tabla 16. Consideraciones de diseño de anclaje	74
Tabla 17. Diámetros mínimos de perforación	81
Tabla 18. Requerimientos de inyección según diferentes normas.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la calle Julio Ramos	4
Figura 2. Ubicación de los taludes	5
Figura 3. Desprendimiento	9
Figura 4. Volcamiento	9
Figura 5. Deslizamiento	10
Figura 6. Flujos o colada	11
Figura 7. Parámetros de entrada PLAXIS LE	26
Figura 8. Método de análisis	27
Figura 9. Análisis sísmico pseudoestático.....	27
Figura 10. Creación de regiones.....	28
Figura 11. Creación de superficies	29
Figura 12. Definición de materiales	29
Figura 13. Ingreso de cargas.....	30
Figura 14. Ingreso de los coeficientes sísmicos	30
Figura 15. Factor de seguridad calculado en condiciones estáticas	31
Figura 16. Factor de seguridad en diferentes secciones	32
Figura 17. Factor de seguridad calculado en condiciones pseudoestáticas	32
Figura 18. Método de análisis en SLIDE3	33
Figura 19. Definición de materiales	34
Figura 20. Ingreso de Cargas.....	35
Figura 21. Ingreso de coeficientes sísmicos	35
Figura 22. Factor de seguridad en condiciones estáticas.....	36
Figura 23. Factor de seguridad en condiciones pseudoestáticas	36
Figura 24. Esquema general de un anclaje	66
Figura 25. Cabeza de un anclaje.....	67
Figura 26. Longitud libre y bulbo	72
Figura 27. Equipos de elevación	82
Figura 28. Tipo de tensado	85
Figura 29. Definición del anclaje y sus propiedades.....	87
Figura 30. Definición de la separación y profundidad del anclaje.....	87

Figura 31. Resultados del análisis estático incluyendo anclajes	88
Figura 32. Resultados del análisis pseudoestático incluyendo anclajes	88
Figura 33. Definición del anclaje y sus propiedades	90
Figura 34. Definición de la separación y profundidad del anclaje	90
Figura 35. Resultados del análisis estático incluyendo anclajes	90
Figura 36. Resultados del análisis pseudoestático incluyendo anclajes	91

RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto es analizar y diseñar una estructura de protección y estabilización para los taludes de la calle Julio Ramos, ubicada en el sector La Bota, parroquia Comité del Pueblo. La problemática ha persistido a lo largo de los años, originada por un deslizamiento de tierra en uno de los taludes de esta vía, resultando en su cierre y poniendo en peligro tanto vidas humanas como estructuras en el borde del talud. Esta situación afectó la integridad de la infraestructura vial y se atribuye a diversos factores, como lluvias, vientos y sobrecargas a los que el talud está expuesto. La necesidad de implementar un sistema de contención surge como medida preventiva para mitigar el riesgo de nuevos deslizamientos.

Para seleccionar la mejor alternativa de solución, se llevó a cabo un análisis detallado de las características de la zona del proyecto. Para ello, fueron necesarios estudios topográficos y geotécnicos mismos nos proporcionó la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas. Con estos datos, se realizó un análisis de estabilidad para calcular los factores de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas.

El análisis de estabilidad se ejecutó utilizando programas especializados, como PLAXIS LE y SLIDE3 en su versión trial, que se basan en el método de equilibrio límite y métodos convencionales derivados de este. Se optó por el método de Bishop simplificado, revelando valores de factor de seguridad por debajo de los mínimos especificados en la normativa vigente, especialmente en el análisis pseudoestático. En consecuencia, se determinó que el talud requería una estructura de estabilización.

Dadas las limitaciones geométricas y geológicas, se propusieron alternativas como el uso de anclajes y hormigón proyectado como estructuras de estabilización, y la implementación de una malla de triple torsión y una geomalla permanente como

estructuras de protección. Se llevó a cabo un diseño y análisis económico de cada opción, y, basándose en las condiciones del mercado actual, se seleccionaron las estructuras de protección según sus características.

Como resultado del diseño y el análisis de estabilidad con la implementación de las estructuras, se concluyó que el uso de anclajes mejora significativamente el factor de seguridad, siendo la solución óptima y viable para la estabilización de los taludes en la calle Julio Ramos.

Palabras clave: Talud, análisis estático, análisis pseudoestático, análisis de precios unitarios

ABSTRACT

The main objective of this project is to analyze and design a protection and stabilization structure for the slopes of Julio Ramos Street, located in the La Bota sector, Comité del Pueblo parish. The problem has persisted over the years, caused by a landslide on one of the slopes of this road, resulting in its closure and endangering both human lives and structures on the edge of the slope. This situation affected the integrity of the road infrastructure and is attributed to various factors, such as rains, winds and overloads to which the slope is exposed. The need to implement a containment system arose as a preventive measure to mitigate the risk of new landslides.

To select the best alternative solution, a detailed analysis of the characteristics of the project area was carried out. This required topographic and geotechnical studies provided by the EPMMOP (Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas). With this data, a stability analysis was performed to calculate the safety factors under static and pseudo-static conditions.

The stability analysis was performed using specialized programs, such as PLAXIS LE and SLIDE3 in its trial version, which are based on the limit equilibrium method and conventional methods derived from it. The simplified Bishop's method was chosen, revealing safety factor values below the minimum values specified in the current regulations, especially in the pseudo-static analysis. Consequently, it was determined that the slope required a stabilization structure.

Given the geometric and geological constraints, alternatives were proposed such as the use of anchors and shotcrete as stabilization structures, and the implementation of a triple torsion mesh and a permanent geogrid as protection structures. A design and economic analysis of each option was carried out, and, based on current market conditions, the protective structures were selected according to their characteristics.

As a result of the design and stability analysis with the implementation of the structures, it was concluded that the use of anchors significantly improves the safety factor, being the optimal and viable solution for slope stabilization on Julio Ramos Street.

Keywords: Slope, static analysis, pseudostatic analysis, unit price analysis

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Introducción

El propósito de este proyecto es desarrollar una propuesta estructural con el objetivo de proteger y estabilizar los taludes de la calle Julio Ramos. La elección de una alternativa adecuada requiere una evaluación detallada de la topografía y las características del suelo. Este análisis integral nos permitirá seleccionar una solución que se ajuste de manera óptima a las condiciones específicas del terreno, garantizando la seguridad.

La primera etapa implica llevar a cabo un análisis de estabilidad en condiciones estáticas y pseudoestáticas para determinar los factores de seguridad de nuestro talud. En este proceso, utilizamos herramientas computacionales como PLAXIS LE y SLIDE3 creando un modelo de nuestro talud en base a los estudios topográficos y geotécnicos proporcionados por la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas. El método seleccionado para este análisis será el de Bishop Simplificado. Posteriormente, se llevará a cabo una comparación de los resultados de los factores de seguridad obtenidos mediante los programas con los requisitos establecidos por la normativa NEC 15, en el capítulo de Geotecnia y Cimentaciones (NEC-SE-GE).

Se verificará que los factores de seguridad cumplan las condiciones mínimas, caso contrario, evaluaremos alternativas que ayuden a contrarrestar la inestabilidad del talud y por consiguiente permitan mejorar el factor de seguridad siempre teniendo en cuenta el factor económico y las condiciones constructivas.

Como resultado final de este trabajo se presentará una propuesta estructural viable que asegurará la estabilidad del talud, proporcionará protección contra agentes erosivos y mejorará la seguridad vial en la calle Julio Ramos. Además, se presentarán diseños

definitivos, análisis de precios y detalles constructivos en planos.

1.2 Problema

1.2.1 Antecedentes

En la ciudad de Quito, se ha identificado una preocupante recurrencia de inestabilidades en los taludes adyacentes a las vías urbanas. Esta situación se ve agravada por diversos factores, entre los cuales destacan la precipitación pluviométrica, los movimientos telúricos y las vibraciones originadas por el constante tránsito de vehículos de carga pesada. Un ejemplo evidente de esta problemática se ha manifestado de manera persistente a lo largo de aproximadamente una década en la calle Julio Ramos.

Esta vía destaca un ejemplo significativo de los desafíos vinculados a la inestabilidad de taludes en el entorno urbano. En específico, los taludes ubicados en el margen derecho de esta vía los mismos que se encuentran actualmente en una situación de riesgo evidente debido a la falta de intervención por parte de las autoridades correspondientes. Esta falta de atención ha propiciado un aumento en la frecuencia de deslizamientos de tierra, siendo más notorios durante los períodos de lluvia, generando preocupaciones sustanciales en términos de seguridad vial y la integridad de la infraestructura circundante.

Cabe destacar que la inestabilidad de taludes no solo representa un desafío técnico, sino que también impacta directamente en la seguridad y calidad de vida de los residentes y usuarios de la vía. En este escenario, se enfatiza la urgente necesidad de intervenciones efectivas y coordinadas por parte de las autoridades competentes. Abordar de manera proactiva la inestabilidad de taludes en la calle Julio Ramos se convierte en algo muy necesario para preservar la seguridad vial y salvaguardar la integridad de la comunidad y la infraestructura urbana.

1.2.2 Importancia y alcance

La planificación y ejecución de estructuras de contención y protección de taludes desempeña un papel fundamental en la salvaguarda de la vida y la integridad de la comunidad. Su importancia radica en la prevención primordial de la pérdida de vidas humanas, mitigando los riesgos asociados con el deslizamiento del material en áreas vulnerables como la calle Julio Ramos.

Este proyecto no solo se limita a la seguridad inmediata, sino que también aborda con eficacia problemas conexos que podrían surgir. La interrupción del tráfico, un riesgo inherente a taludes inestables, puede tener un impacto significativo en la movilidad diaria de los residentes. La construcción de estas estructuras no solo busca evitar tales interrupciones, sino que también aspira a promover la fluidez del tráfico, contribuyendo así a la eficiencia y conectividad en la vida urbana.

Además de proteger vidas humanas y facilitar la movilidad, este proyecto resguarda la infraestructura pública y privada de posibles daños. La preservación de carreteras, edificaciones y servicios esenciales no solo garantiza la continuidad funcional, sino que también protege inversiones económicas sustanciales en la comunidad de la calle Julio Ramos.

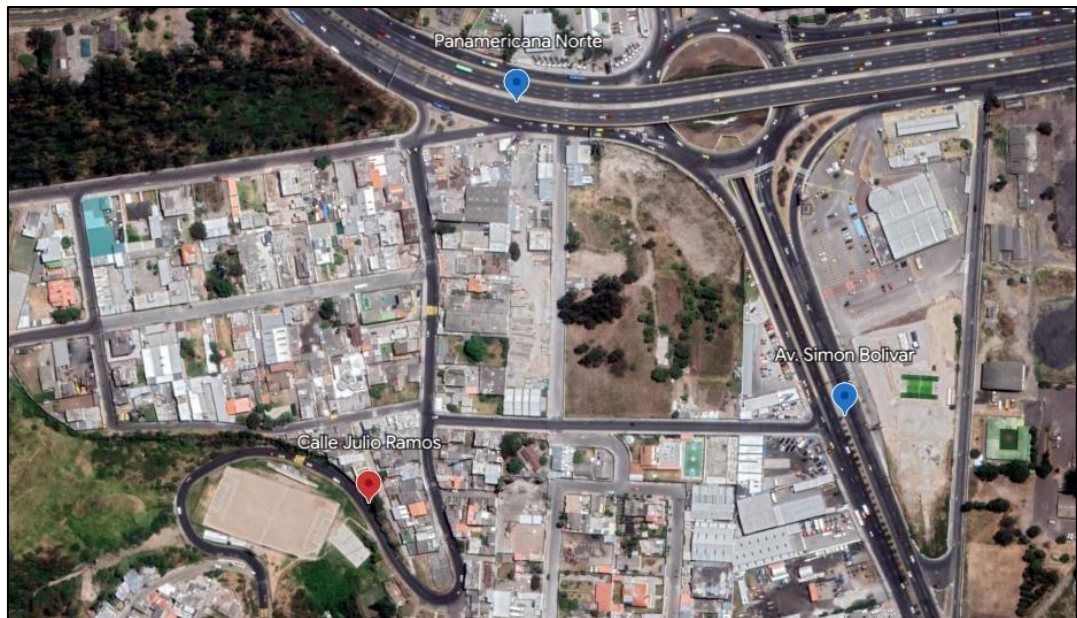
En este contexto, la construcción de estas estructuras no solo representa una medida preventiva ante desastres inminentes, sino que también establece un cimiento sólido para un entorno urbano más seguro, eficiente y sostenible. La importancia y el alcance de esta iniciativa se entrelazan con la creación de una comunidad resiliente, donde la protección de vidas, la movilidad fluida y la preservación de la infraestructura son pilares clave para el bienestar y la prosperidad a largo plazo

1.2.3 Delimitación

La calle Julio Ramos está ubicada en el sector 4 del barrio la Bota en la parroquia Comité del Pueblo, como se muestra en la figura 1 y los taludes en riesgo se localizan en el margen derecho entre las abscisas 0+400 y 0+600 con una longitud de 200 metros conforme a lo ilustrado con línea roja en la figura 2.

Figura 1

Ubicación de la calle Julio Ramos



Nota. Se presenta la ubicación de la calle Julio Ramos (marcador rojo) y puntos de referencia principales Av. Simón Bolívar y Panamericana Norte (marcador azul).
Elaborado por: El Autor

Figura 2

Ubicación de los taludes



Nota. Se muestra la ubicación de los taludes en el margen derecho de calle Julio Ramos (línea roja). Elaborado por: El Autor

1.3 Justificación

El proyecto de estabilización de taludes surge como una respuesta esencial a un deslizamiento de tierra ocurrido en diciembre de 2021, que ha impactado negativamente en propiedades e infraestructuras a lo largo de la vía. Dada la magnitud de este incidente, es imperativo abordar de manera inmediata la estabilidad de los taludes circundantes para prevenir futuros deslizamientos y reducir los riesgos asociados para los residentes locales y las estructuras colindantes.

La propuesta estructural, centrada en la estabilización de taludes con alturas que oscilan entre 2 y 15 metros, se presenta como una medida preventiva para mitigar los riesgos geotécnicos identificados. Este enfoque no solo busca resguardar la seguridad de

los habitantes, sino también mejorar la transitividad en la calle N69H, que se ve directamente afectada por la inestabilidad del talud.

El compromiso del Municipio de Quito, a través de la Dirección de Estudios de la Empresa Pública Metropolitana de Obras Públicas y Movilidad, refleja la importancia atribuida a la resolución de este problema. La colaboración de la entidad municipal asegura el acceso a estudios topográficos y geotécnicos cruciales para fundamentar el diseño y desarrollo del proyecto.

1.4 Grupo Objetivo

El proyecto está en la parroquia Comité del Pueblo, barrio La Bota, al norte de Quito. Según los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2010, este barrio alberga 6600 habitantes aproximadamente, el mismo que se desarrolla en una superficie de 58,95 hectáreas con 2.066 viviendas.

El grupo objetivo que será directamente beneficiado con la ejecución de este proyecto está compuesto por habitantes del barrio, propietarios de los predios ubicados sobre los taludes, las comunidades de los barrios circundantes, peatones y automotores que circulen por las vías aledañas y principalmente por la Calle Julio Ramos en sus dos sentidos de circulación, la que sirve en varias oportunidades como opción para la descongestión vehicular del ingreso norte de la ciudad.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Proponer una solución estructural que garantice la estabilidad, evite el deterioro de los taludes y fomente la protección de la vía, estructuras y viviendas aledañas, en función del análisis de costos y su constructividad, a través del cálculo y diseño estructural

utilizando la norma técnica ecuatoriana.

1.5.2 Objetivos específicos

Recopilar la información topográfica y geológica del sector a través de ensayos de suelos y levantamiento topográfico para el análisis de la estabilidad de los taludes entre las abscisas 0+400 hasta 0+600.

Desarrollar y diseñar estructuras de contención aplicando la norma técnica ecuatoriana NEC-SE-GC, NEC-SE-HM, NEVI 12, que contrarresten el deterioro de los taludes y garanticen la seguridad vial de la Calle Julio Ramos y también nos permitan recuperar la calle N69H entre las abscisas 0+100 y 0+300.

Hacer un análisis de precios unitarios usando rendimientos de obra actualizados para seleccionar una propuesta estructural óptima adecuada a la solución del problema según términos económicos y constructivos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Talud

Talud es una masa de suelo o roca que posee una superficie inclinada con una pendiente con respecto a la horizontal, su origen puede ser de forma natural o a partir de la intervención del hombre, así, J. Suarez (1998) nos dice que, se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente

2.2 Estabilidad de taludes

Un talud natural no se considera una estructura estable ya que en cualquier momento puede fallar y perder estabilidad debido a factores naturales como presiones hidrostáticas, sismos, erosión, etc. y agentes externos como sobrecargas por estructuras sobre el talud o movimientos provocados por el tráfico vehicular.

En la actualidad existen varios métodos o sistemas de estabilización de un talud como: muros, anclajes, mallas metálicas, geotextiles, entre otros. Y su utilización es necesaria cada vez que exista una amenaza que ponga en riesgo la estabilidad del mismo. Las estructuras de estabilización se desarrollan para impedir el movimiento o desplazamiento de material soportando las cargas provocadas por la masa de tierra sobre el talud y en algunos casos transmiten las cargas al suelo firme.

2.3 Tipos de falla

2.3.1 Desprendimientos

Son desplazamientos de una masa de material de cualquier tamaño que se desprende del talud y cae libremente a través del aire, rodando, dando saltos por efecto de

la gravedad como se puede apreciar en la figura 3. Este tipo de falla se presenta en taludes con pendientes muy fuertes (con ángulo de 60° -90°).

Figura 3

Desprendimiento



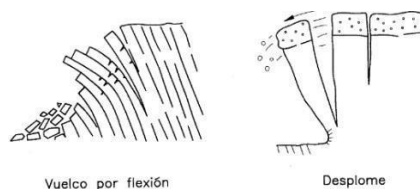
Nota. Se presenta un ejemplo del tipo de falla donde una masa de material se desprende del talud. Fuente: García y Yagüe y Corominas (1997)

2.3.2 Volcamiento

Ocurren cuando elementos constitutivos del talud, generalmente bloques de material giran sobre un centro de rotación y se desprenden del cuerpo principal, como se muestra en la figura 4. Normalmente, este tipo de fallas ocurre debido al peso del propio material y a la acción de fuerzas desequilibrantes externas.

Figura 4

Volcamiento



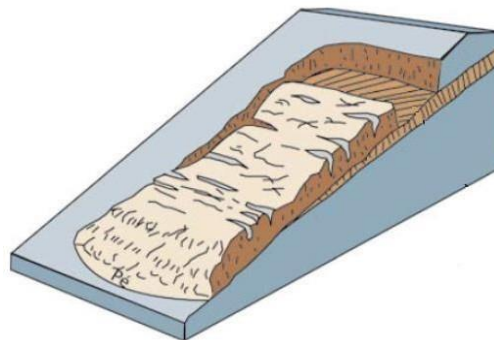
Nota. Se presenta dos ejemplos del tipo de falla donde bloques de material giran sobre un centro de rotación y se desprenden del cuerpo del talud. Fuente: García y Yagüe y Corominas (1997)

2.3.3 Deslizamientos

En este tipo de fallas los materiales del talud colapsan y se desplazan a lo largo de una o varias superficies de deslizamiento, que pueden ser internas (generalmente de forma circular o cóncava) o externas (normalmente planas). De acuerdo con J. Suarez (2009) podemos decir que “el progreso del movimiento puede variar y esto significa que no comienza de forma simultánea en toda la superficie de la falla como se puede apreciar en la figura 5”. (p. 1).

Figura 5

Deslizamiento



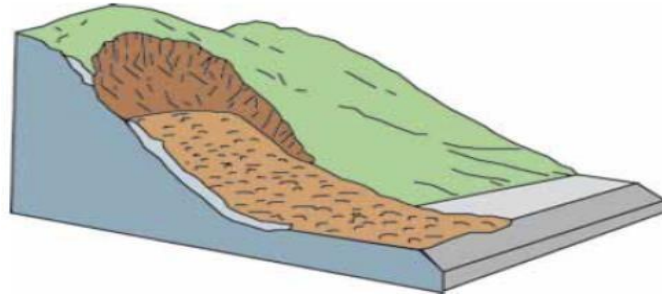
Nota. Se presenta un ejemplo del tipo de falla donde el material del talud colapsa y se desplaza sobre una superficie de deslizamiento. Fuente: ingenieriareal.com

2.3.4 Flujos o colada

Los materiales del talud se desplazan como un fluido o arrastran por fuerzas hidráulicas, como se aprecia en la figura 6. J Suarez (1998) menciona que la presencia de flujos está vinculada con la sobresaturación de los materiales situados debajo de la superficie. Cuando los suelos se modifican, fracturan o agrietan por desplazamiento inicial, pueden absorber agua fácilmente, lo que provoca su sobresaturación y la aparición de un flujo.

Figura 6

Flujos o Colada



Nota. Se presenta un ejemplo del tipo de falla donde el material del talud se desplaza como un flujo por sobresaturación. Fuente: ingenieriareal.com

2.4 Tipos de protección de taludes

2.4.1 *Sistemas de defensas estructurales activas*

Los sistemas de protección estructural activa, también conocidos como soluciones de superficie, son tecnologías de protección de taludes que fijan el material del talud en su posición original para evitar que se desprenda o se desplace.

Estas técnicas incluyen el uso de anclajes, muros de contención, protección de taludes con malla metálica, protección de taludes con geotextiles o geo membranas. Se denominan soluciones superficiales porque suelen cubrir el área del exterior del talud.

2.4.1.2. *Anclajes*

Son estructuras metálicas colocadas en perforaciones realizadas en un talud y rellenos con hormigón. Los anclajes trabajan a tracción y se utilizan para estabilizar taludes de roca y de suelo suelto. Éstos pueden ser provisionales, si se utilizan como medida de estabilización transitoria (mientras se aplican otras medidas de protección), o

pueden ser permanentes, si son aplicados como medida de estabilización definitiva del talud.

También pueden ser temporales cuando se usan como medida de estabilización provisional (mientras se aplica otras medidas de protección) o permanentes cuando se usan como medida final de estabilización de taludes.

Los anclajes pueden ser pasivos, si no se les aplica ninguna tensión después de su instalación; pueden ser activos, si se les aplica un pretensado, podemos decir que, durante la tracción del elemento estructural, se origina una fuerza de anclaje que se sostiene mediante la resistencia al corte lateral presente en la región de inyección en contacto con el terreno.

2.4.1.3. Muros

Son estructuras construidas al pie de taludes para aumentar su estabilidad. Algunos tipos de muros actúan como medidas de protección estructural activa y otros como pasivas.

Algunos tipos de muros que actúan como protección estructural activa incluyen muros de hormigón colado, muros de escolleras y muros de concreto proyectado o lanzado.

Un muro de contención es una estructura que soporta algún material, generalmente tierra o agua, y cuya función principal es evitar el desbordamiento del material que contiene. Por lo tanto, está diseñado para soportar el empuje temporal o permanente del suelo y para evitar el vuelco o deslizamiento debido a las cargas horizontales o inclinadas que se ejerzan sobre él, esta solución resulta económica en alturas no mayor a 8 m

El muro de gravedad se caracteriza porque utiliza su propio peso para evitar el deslizamiento o el vuelco. Se trata de muros que carecen de armadura y suelen ser de

concretoprefabricado u otros materiales. Pocas veces llevan puntera o talón y su altura recomendada va de los 2.0 a los 12.0 m cuando la malla geotextil se usa como anclaje de relleno y soportede carga.

Los muros de concreto vaciado in situ se construyen con un encofrado y pueden adaptarse a la geometría del talud en su superficie permitiendo optimizar refuerzos estructurales.

Los muros de escolleras son un tipo de protección de talud con piedra. Se construyen con bloques de piedra de gran tamaño y peso. Tienen la ventaja de costos más bajos, menor impacto ambiental y mejor drenaje que otros tipos de muros.

Los muros de concreto proyectado, también denominado Shotcrete o gunitado, se construyen proyectando una mezcla de concreto y aditivos (acelerantes, estabilizadores, superplastificantes) mediante un sistema neumático. El concreto se fija a las superficies de los taludes debido a la velocidad del impacto y a la acción físico-química de los aditivos.

2.4.1.4. Mallas metálicas

Son redes especiales fabricadas en acero galvanizado con una resistencia de $1770 N/mm^2$ que se fijan a la superficie externa del talud. Las más comunes son las mallas de triple torsión y de triple torsión reforzadas.

Las mallas se instalan con anclajes para suelo o roca con placas de fijación sujetas en la zona estable del talud para evitar el movimiento o desprendimiento de material en aquellas áreas inestables. Por este motivo, son muy utilizadas como medidas de protección de taludes en roca.

2.4.1.5. Geotextiles

Son materiales sintéticos permeables, generalmente de polietileno o poliéster, que se lo emplea en sistemas de drenaje y para la protección de las superficies externas de los taludes. Pueden ser tejidos o no tejidos dependiendo del tipo de aplicación.

Los geotextiles son muy utilizados en combinación con ciertas especies vegetales para la protección de taludes contra la erosión. Las plantas reducen la erosión del suelo y mejoran el drenaje del talud y contribuyen a proteger los materiales geotextiles de la luz ultravioleta (UV), evitando su degradación y aumentando su vida útil.

2.4.2 Sistemas de defensas estructurales pasivas

Los sistemas de defensas estructurales pasivas, también llamados soluciones lineales, son todas aquellas técnicas de protección de taludes que no evitan que el material del talud se desprenda o se desplace, sino que lo contienen antes de que afecte o amenace la zona de actividad humana.

Estas técnicas se dividen en sistemas rígidos o semirrígidos (con poca capacidad de deformación), tales como, muros de concreto prefabricado, muros de gaviones, entre otros, y sistemas dinámicos (con mayor capacidad de deformación), entre ellos mallas dinámicas, cables de acero.

2.4.2.1 Muros de concreto prefabricado

Se construyen con elementos prefabricados postensados o pretensados, luego transportados e instalados en el lugar requerido.

Como la forma de sus elementos la determina el molde, los muros de hormigón no pueden adaptarse a la geometría del talud, por lo que no se usan para fijar el material del talud, sino para limitar su movimiento.

Sin embargo, la ventaja de los elementos prefabricados de hormigón es que pueden diseñarse en configuraciones diferentes, pueden tener refuerzos estructurales como barras de acero, contrafuertes, entre otros.

2.4.2.2. Muros de gaviones

Los muros de gaviones se construyen mediante la superposición de celdas prismáticas de malla metálica de alambre galvanizado que se rellenan con bloques de piedra pequeños. Generalmente, contribuyen a proteger a los taludes de la erosión.

Con los gaviones se pueden construir estructuras capaces de resistir por gravedad el empuje de tierras. El gavión se caracteriza por tener una dimensión estándar de 1 metro de ancho por 1 metro de alto en sección transversal, y una longitud que oscila entre 1 y 4 metros. Estos gaviones se conocen como "gaviones de cuerpo". Cuando se llenan, su peso específico habitual es de 1,7 a 1,8 toneladas por metro cúbico, variando en función de la granulometría del material de relleno utilizado.

2.4.2.3. Sistemas dinámicos

Las mallas dinámicas, cables de acero, entre otros, son sistemas de protección que tienen como propósito transformar la energía cinética (debida a la velocidad) de los materiales que se desprenden o desplazan, en energía de deformación.

De este modo, los sistemas dinámicos tienen una gran flexibilidad y capacidad de deformación, lo cual les permite retener al material que se desprende y se desplaza del talud, motivo por el cual se utilizan para protección de taludes en carreteras y vías férreas.

2.5 Factor De Seguridad

El factor de seguridad expresa la relación entre las fuerzas resistentes del terreno y las fuerzas inestabilizadoras. Un factor de seguridad mayor a 1 indica que la resistencia es suficiente para contrarrestar las fuerzas que podrían causar un deslizamiento, proporcionando un margen de seguridad. Un factor de seguridad menor a 1 sugiere que el talud podría ser inestable. De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción en el capítulo Geotecnia y Cimentaciones (NEC-SE-GC) el valor mínimo del factor de seguridad al deslizamiento en taludes debe ser 1,6

Tabla 1

Factores de seguridad mínimos

Condición	Factor de seguridad			
	Construcción	Estático	Sismo	Pseudoestático
Deslizamiento	1,6	1,6	Diseño	1,05

Nota. Factores de seguridad de acuerdo a la condición de análisis. Fuente: NEC SE CG: Geotecnia y Cimentaciones.

2.6 Método de Bishop simplificado

Es un método propuesto por Bishop en 1955, Este analiza la estabilidad de un talud con una superficie de falla de tipo circular tomando en cuenta el peso entre dovelas, según Sanhueza y Rodríguez (2013), “Al tratarse de un Método de Dovelas, la masa de suelo deslizante debe ser dividida en η fajas verticales, de manera de estudiar las fuerzas y momentos involucrados en cada una de las rebanadas definidas y determinar así el FS asociado al caso.”

Esto sugiere que la cantidad de franjas en las que se divida la falla en el talud influirá en el cálculo de los factores de seguridad.

El método simplificado de Bishop (1955) calcula el factor de seguridad mediante la siguiente ecuación:

$$F = \frac{\sum \left[\frac{c' \Delta l \cos \alpha + (W - \mu \Delta l \cos \alpha) \tan \varphi'}{\cos \alpha + (\operatorname{sen} \alpha \tan \varphi')} \right]}{\sum (W \operatorname{sen} \alpha)} \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

- W: Peso de la dovela
- u: presión de poros
- F: Factor de Seguridad
- c': cohesión efectiva
- φ' : ángulo de fricción efectivo
- α : ángulo entre la tangente de la base de la dovela y la horizontal
- b: ancho de la dovela
- h: altura de la dovela
- Δl : longitud de la base de la dovela

2.7 Factor sísmico

Según el capítulo de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) sobre el peligro sísmico podemos observar en el mapa de zonificación sísmica que la ubicación de nuestro proyecto está en la zona sísmica V con un valor de $Z=0,4$ indicando un riesgo sísmico alto.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de titulación está enfocado en la investigación cuantitativa, comenzando con la de campo, la misma que sirve para tener una mejor comprensión del problema, según Bavaresco (2001), “Investigación de Campo se realiza en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio. Ello permite el conocimiento más a fondo del problema por parte del investigador y puede manejar los datos con más seguridad.” (p. 28).

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2010),” El enfoque cuantitativo utilizala recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis previamente hechas, confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de estadística” (p. 5). Por lo tanto, significa que una investigación cuantitativa necesita de datos tangibles que pueden ser tratados con las matemáticas como es el caso del presente proyecto, en donde los resultados de los diferentes estudios serán transformados endatos numéricos y consecuentemente formarán parte de operaciones de cálculo matemático y posteriormente, esta información será trabajada de manera experimental, es decir, se simularán diferentes situaciones en base a modelos para seleccionar la mejor propuestaestructural que se adecue a la solución del problema

3.2. Método

El término método hace referencia a un sistema organizado y estructurado de pasos o procedimientos que los ingenieros emplean para enfrentar problemas, idear soluciones, llevar a cabo análisis y ejecutar proyectos de manera efectiva. Según Arias

(2012), define como método científico como “el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas de investigación mediante la prueba o verificación de hipótesis.” (p. 19) partiendo de la definición nuestro proyecto se fundamenta en la aplicación del método científico. Este enfoque implica la utilización de un proceso sistemático y riguroso para abordar los desafíos específicos, desarrollar soluciones y realizar análisis fundamentados en principios científicos.

En la ingeniería civil, el método científico se utiliza como un enfoque sistemático y estructurado para investigar y resolver problemas, diseñar soluciones, y avanzar en el conocimiento técnico. Aunque la ingeniería civil es una disciplina práctica, la aplicación del método científico sigue siendo esencial para garantizar la eficacia y la confiabilidad de los proyectos.

3.3. Técnica de recolección de información

De acuerdo con Hernández, Fernández y Batista (2003)

Una vez que seleccionamos el diseño de investigación apropiado y la muestra adecuada de acuerdo con nuestro problema de estudio e hipótesis, la siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre las variables involucradas en la investigación. (p. 285)

La necesidad de elegir una metodología de recolección de información se vuelve evidente en el desarrollo de nuestro proyecto. Iniciamos con una metodología de observación que implica el registro de fotografías in situ, seguido por la aplicación de técnicas de revisión de datos y cuantificación, como los estudios topográficos y geotécnicos. Estos últimos, proporcionarán un análisis más detallado y especializado. Con esta base, procedemos a agregar información relevante para enriquecer nuestro enfoque y avanzar de manera informada en el desarrollo del proyecto. La técnica de

recolección de información mediante observación y cuantificación es un enfoque sistemático que implica la recopilación de datos a través de la observación directa de fenómenos y la asignación de valores numéricos a las variables de interés. Esta técnica es comúnmente utilizada en diversos campos, como la investigación científica

3.4. Proceso técnico de ingeniería civil

Evaluación del talud: Se realizó una evaluación detallada de los taludes en la vía Julio Ramos, considerando factores como su altura, inclinación, material, condiciones climáticas y de suelo mediante los estudios geotécnicos y topográficos mismos que serán solicitados a la Empresa Publica Metropolitana de Obras Públicas y Movilidad.

A través del estudio de suelo se evaluó las características físicas y mecánicas de este, como su densidad, porosidad, permeabilidad, resistencia, cohesión y se determinó la capacidad portante del suelo dato necesario para diseñar una estructura de hormigón. Con estudios topográficos de información precisa de las características geométricas de los taludes, altura, inclinación, ubicación de estructuras existentes, ubicación de vías, alcantarillas, sistemas de drenaje, entre otros.

Identificación de medidas de protección: Se identificaron y evaluaron diferentes medidasde protección para el talud, tales como muros de contención, mallas de acero, anclajes, sistemas de drenaje, entre otros, considerando factores como la altura y pendiente del talud, el tipo de suelo y roca, el clima y las condiciones hidrológicas y la presencia de infraestructura cercana.

La medida de protección soportará las cargas a las que se someterá, teniendo en cuenta la altura y pendiente del talud, además, debe ser duradera y resistente a la intemperie, la erosión y otros agentes ambientales. Se seleccionaran materiales adecuados

que soportan las condiciones del ambiente en el que se encuentra el talud y, finalmente, es se consideró el impacto ambiental de la medida de protección, ya que puede afectar a la flora y fauna de su zona. Se seleccionó medidas que minimicen el impacto ambiental y se integren adecuadamente con el entorno natural.

Análisis comparativo: Se compararon los sistemas de protección para determinar el más efectivo para el talud de Julio Ramos según el análisis de precios unitarios de cada sistema. Para realizar un análisis de precios unitarios, se tuvo en cuenta varios factores, incluyendo las especificaciones técnicas, los costos de los materiales, la mano de obra, la maquinaria y el equipo, y el tiempo de ejecución. Tomando en cuenta estos factores se pudo obtener una estimación precisa del costo total de la obra, lo que permitió seleccionar la propuesta estructural óptima en función de los términos económicos y constructivos.

Implementación de la medida de protección seleccionada: Se seleccionó la medida de protección más adecuada y se procedió a su implementación, lo que incluye la elaboración de los planos y diseños necesarios.

Para realizar el diseño estructural se consideraron los siguientes aspectos fundamentales:

- **Cargas y solicitaciones:** Se analizó las cargas a aplicar sobre el sistema de protección, cargas estáticas (del peso de la estructura) o cargas dinámicas (del viento, la lluvia o el movimiento del terreno). Además, considero las solicitaciones a las que estará sometido el sistema de protección, tales como presiones hidrostáticas, empujes laterales, fuerzas de tracción, entre otras.
- **Geometría:** se definió la geometría de la estructura, que incluye la altura, la longitud y la inclinación del muro de contención o la medida de protección seleccionada.
- **Materiales:** Seleccionamos los materiales adecuados para la construcción de la

estructura, teniendo en cuenta las características del suelo y roca del talud, la altura del muro y las cargas que se deben soportar. Entre los materiales más utilizados se encuentran el hormigón armado, el acero, las geotextiles, las mallas de acero, entre otros.

- Estabilidad: Se garantiza la estabilidad del sistema de protección, teniendo en cuenta la posibilidad de movimientos del terreno y las cargas a las que estará sometido. Para ello, se utilizaron métodos de cálculo de estabilidad, como el análisis de equilibrio límite.
- Detalles constructivos: Se definieron los detalles constructivos necesarios para la construcción del sistema de protección, como la ubicación y dimensiones de los anclajes, disposición, profundidad, inclinación, entre otras.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y MODELACIÓN DEL SUELO EN CONDICIONES ACTUALES

4.1 Estudios previos

4.1.1 Estudio topográfico

Un estudio topográfico se refiere a la evaluación detallada del sitio, recopilación de información necesaria y de datos precisos fundamentales para el diseño de estructuras con instrumentos de alta precisión que representan de forma detallada y acertada las características del terreno.

A partir de los estudios topográficos entregados por la empresa pública metropolitana de movilidad y obras públicas (EPMMOP), se verifico las cotas, niveles, estructuras existentes, pendientes de los taludes y luego se realizaron cortes transversales y perfil longitudinal de la vía Julio Ramos para analizar la estabilidad de los taludes y alternativas de protección.

4.1.2 Estudios geotécnicos

El objetivo principal de un estudio geotécnico es proporcionar información sobre las características y propiedades del suelo como: peso específico, contenido de humedad, cohesión, ángulo de fricción entre otros, parámetros necesarios para analizar el comportamiento del suelo y factores que contribuyen a la desestabilidad del talud.

De manera análoga al estudio topográfico, la empresa Metropolitana EPMMOP ha completado la entrega de los estudios geotécnicos correspondientes al sitio, dichos estudios contienen resultados de un ensayo triaxial, ensayo SPT de dos perforaciones, ensayo granulométrico y clasificación de suelo.

4.2 Análisis del modelo suelo

Hoy, los softwares geotécnicos son herramientas de ingeniería que permiten

analizar bajo diferentes condiciones, como variaciones en la geometría del terreno, propiedades del suelo y sollicitaciones que permiten comprender de manera clara y efectiva cómo se comporta el terreno bajo diferentes escenarios.

Para el análisis de estabilidad y desarrollo de nuestro proyecto utilizamos los softwares: PLAXIS LE y SLIDE3. El modelo en cada uno de los programas se realizó en versiones trial

4.2.1 Factores que intervienen en un análisis de estabilidad

Realizar un análisis de estabilidad es muy importante para garantizar la seguridad de los usuarios de la calle Julio Ramos y también las estructuras circundantes. Algunos parámetros necesarios para realizar este análisis son: Sobrecargas y sollicitaciones, coeficientes sísmicos, propiedades geotécnicas y características geométricas del talud.

4.2.1.1 Sobrecarga vehicular

Las AASHTO LFRD 2012 Bridge Design Specifications definen una sobrecarga vehicular denominada carga de carril de diseño con un valor de 9.6 KN/m distribuida longitudinalmente. Para el proyecto se usó el valor redondeado al inmediato superior es decir 10 KN/m² transformada a una carga distribuida superficial en una franja unitaria es decir 1 m

4.2.1.2 Coeficientes sísmicos

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción, el coeficiente sísmico vertical se determina así:

$$k_h = 0,6 \frac{a_{max}}{g}$$
$$a_{max} = Z F a \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

- k_h = coeficiente sísmico vertical
- a_{max} = aceleración máxima horizontal
- Z = Factor de zona
- Fa = factor de amplificación dinámica asociada a cada suelo

Factor de Zona:

El factor de zona se determina a partir la ubicación del proyecto, de acuerdo al mapa de zonificación el talud se encuentra en la zona V

Factor de amplificación

Este factor está en función del tipo de suelo y la zona en la que se encuentra el proyecto. Así mismo, el tipo de suelo está en función de la velocidad de propagación de ondas (V_s), de acuerdo a los datos de nuestro estudio de suelos, del ensayo SPT tenemos el valor de V_s entre 250 y 325 m/s con lo que se clasifica al suelo como Tipo D se obtiene que el valor de $Fa = 1,2$

Tabla 2

Obtención del coeficiente sísmico horizontal

Coeficiente Sísmico Horizontal	
Zona	V
Z	0,4
Tipo de suelo	D
Fa	1,2
a max	0,48
Kh	0,288

Nota. Datos para determinación del coeficiente sísmico horizontal de acuerdo a la Ec. 2.
Elaborado por: Autor.

El coeficiente sísmico vertical se considerada como una fracción de la componente horizontal, se recomienda el 1/3 y 2/3 del coeficiente de la aceleración

sísmica horizontal (K_h)

$$K_v = 1/3 K_h$$

$$K_v = 0,096$$

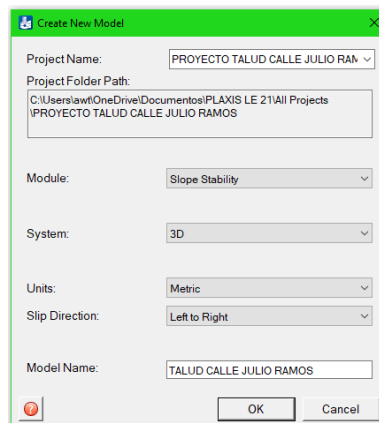
4.2.1.3 Análisis del modelo suelo en PLAXIS LE

Plaxis en su versión LE (limite equilibrium) nos permite modelar nuestro talud a partir de puntos de nuestras curvas de nivel y realizar una copia exacta en 3D de dicho talud. Esto facilita el cálculo más preciso de los factores de seguridad mediante métodos ampliamente utilizados en ingeniería, siendo que para nuestro proyecto hemos optado por emplear el Método de Bishop Simplificado.

Paso 1: Parámetros de entrada. El primer paso para empezar nuestro modelo es elegir una carpeta de guardado para almacenar toda la información que el programa nos vaya arrojando como resultado de nuestro análisis, además, elegimos nuestro sistema de unidades, la dimensión en la que trabajaremos (3D) y el módulo de análisis (slope stability)

Figura 7

Parámetros de entrada

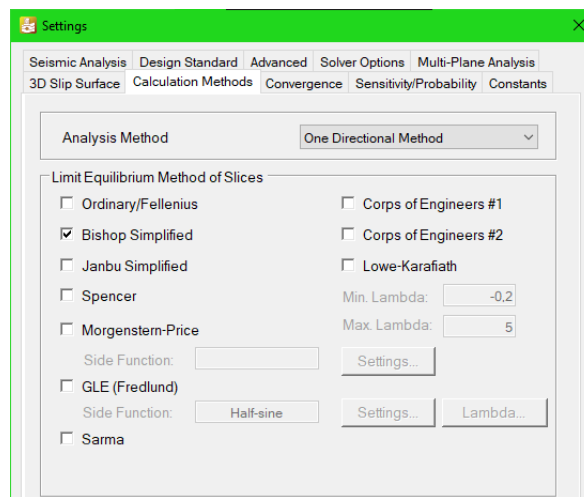


Nota. Selección del sistema de unidades, dimensión y el módulo de análisis. Elaborado por: Autor a través de PLAXIS LE.

Paso 2: Método de análisis. En la ventana de configuraciones debemos seleccionar el método de análisis de estabilidad con el que trabajaremos nuestro talud (método simplificado de Bishop), además, si es necesario realizar un análisis sísmico lo activamos en esta ventana.

Figura 8

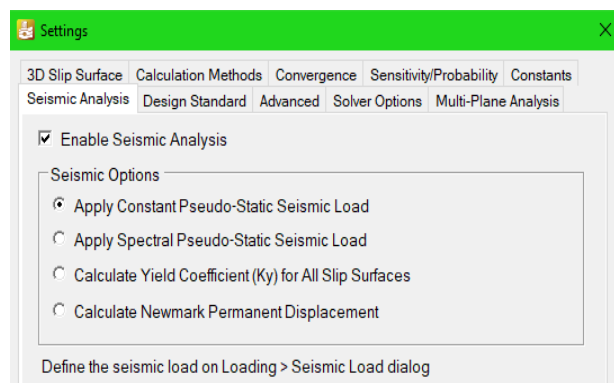
Método de análisis



Nota. Selección del método de Bishop simplificado para el análisis. Elaborado por: Autor a través de PLAXIS LE.

Figura 9

Análisis sísmico pseudoestático

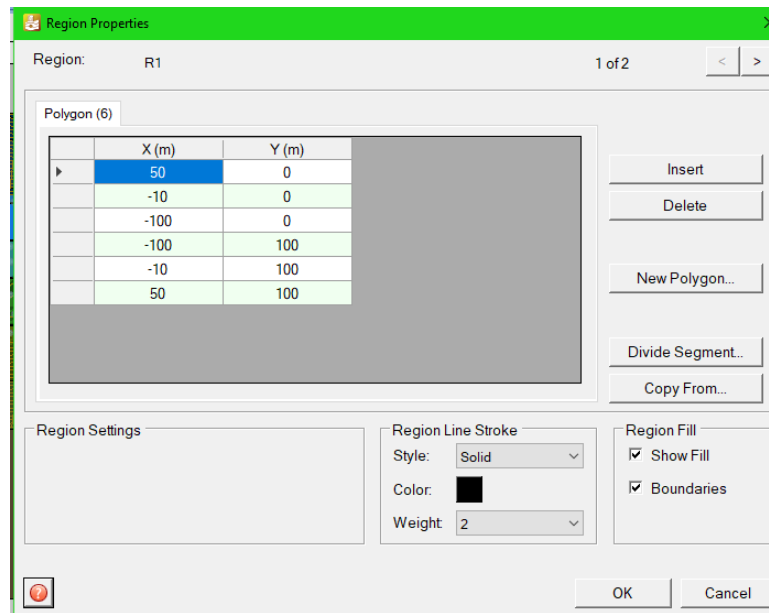


Nota. Selección del análisis sísmico pseudoestático. Elaborado por: Autor a través de PLAXIS LE.

Paso 3: Regiones y Superficies. Comenzando con la configuración geométrica inicial, es necesario establecer una región que defina los límites o el área específica en la cual se desarrollará nuestro proyecto.

Figura 10

Creación de regiones

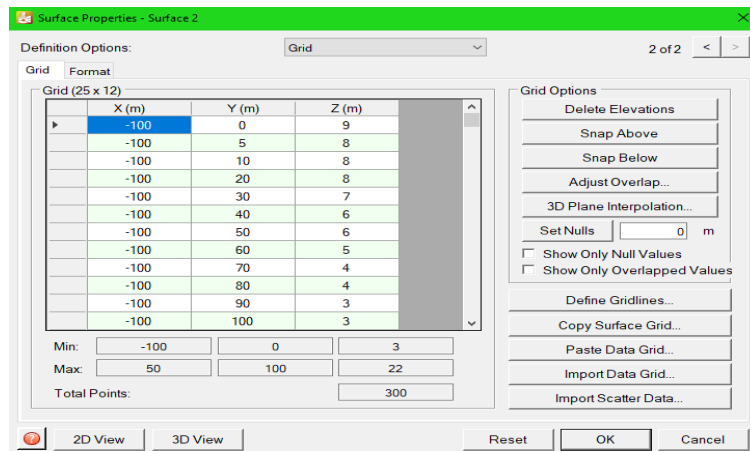


Nota. Se crea regiones de acuerdo a los límites y extensión de nuestro proyecto. Elaborado por: Autor a través de PLAXIS LE.

Posteriormente ingresamos nuestros puntos o coordenadas de nuestro talud. Para optimizar el modelo seleccionamos el área más crítica de nuestro talud, considerando parámetros como la altura e inclinación.

Figura 11

Creación de superficies

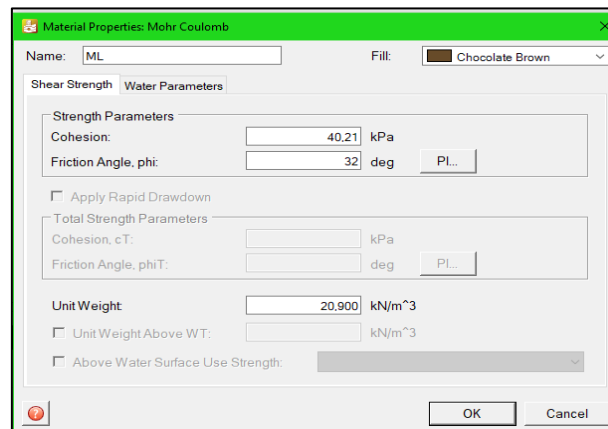


Nota. Se ingresan las coordenadas de las curvas de nivel para crear la superficie. Elaborado por: Autor a través de PLAXIS LE.

Paso 4: Materiales. Definimos las características del material correspondiente al tipo de suelo ML, basándonos en los resultados obtenidos de nuestro ensayo triaxial. Los parámetros de resistencia al corte, tales como la cohesión y el ángulo de fricción, así como el peso unitario del suelo.

Figura 12

Definición de materiales

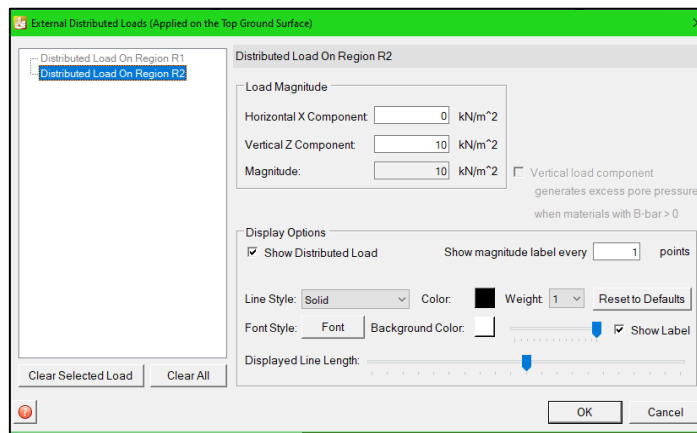


Nota. Definición de los parámetros de resistencia del suelo. Elaborado por: Autor a través de PLAXIS LE.

Paso 5: Cargas. En esta sección, es necesario registrar todas las fuerzas y sollicitaciones que pueden afectar en la estabilidad de nuestro talud. Esto incluye la carga distribuida de vehículos sobre el talud, así como los coeficientes sísmicos horizontal y vertical que se utilizan para llevar a cabo el análisis pseudoestático.

Figura 13

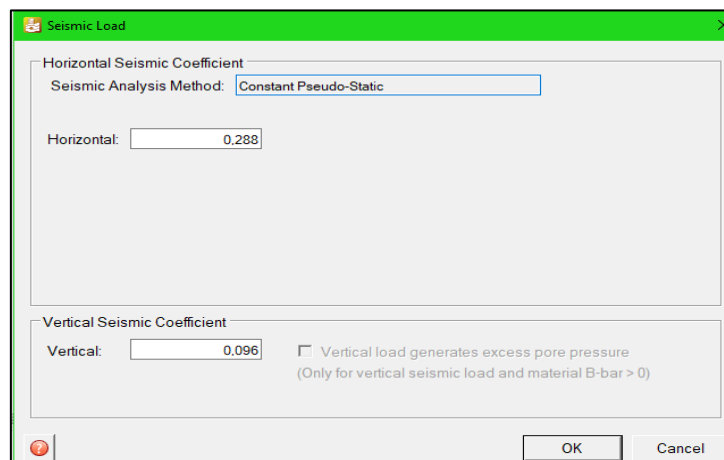
Ingreso de cargas



Nota. Se ingresan valores referentes a la sobrecarga vehicular. Elaborado por: Autor a través de PLAXIS LE.

Figura 14

Ingreso de los coeficientes sísmicos

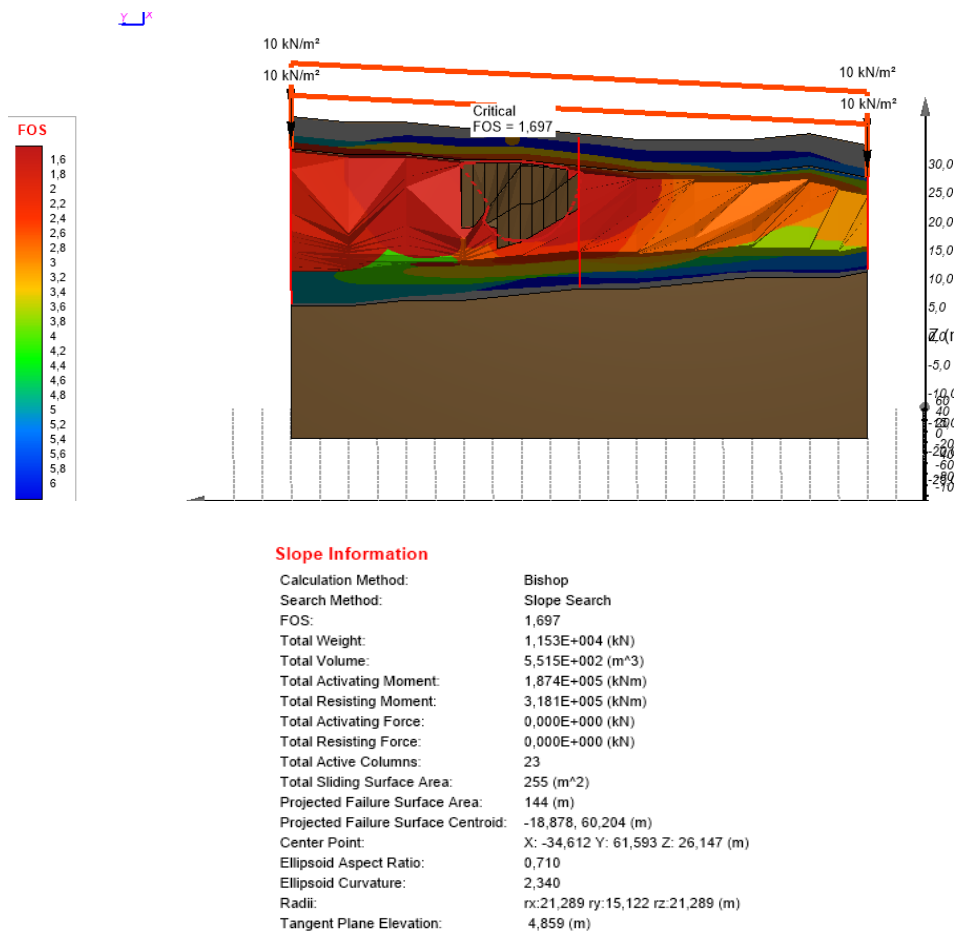


Nota. Se ingresan valores de los coeficientes sísmicos horizontal y vertical. Elaborado por: Autor a través de PLAXIS LE.

Paso 6: Análisis y Resultados. Se lleva a cabo el análisis de estabilidad y, como resultado, el programa presenta el factor de seguridad mínimo en una sección crítica. Además, proporciona la visualización de diversos factores de seguridad en numerosas secciones calculadas por el software. La evaluación se llevó a cabo en dos etapas; la primera se ejecutó bajo condiciones naturales con carga adicional (análisis estático), mientras que la segunda incorporó, además de la sobrecarga, el análisis sísmico (análisis pseudoestático).

Figura 15

Factor de seguridad calculado en condiciones estáticas



Nota. Se presentan los resultados del factor de seguridad calculados por el programa.
Elaborado por: Autor a través de PLAXIS LE.

Figura 16

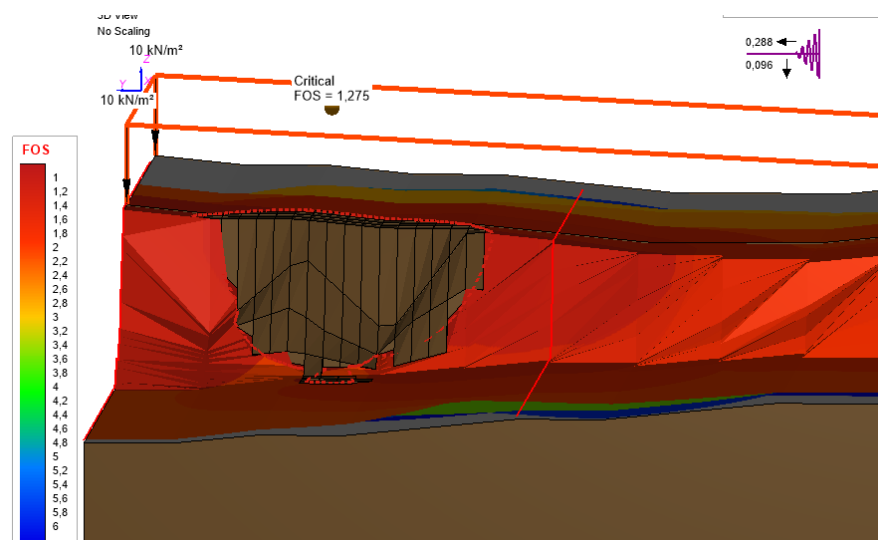
Factores de seguridad en diferentes secciones

	FOS	Radius...	Aspect Ra...	Max. De...	Volume	Stat...	Center...	Cent...	Cent...	Y-Curvat...	Beddi...	Weak Surf...	Wedg...	Comm...	N...
3	1.6...	21,289	0,710	6,416	551,532	Valid	-34,612	61,593	26,147	2,340					
6	1.7...	20,673	1,410	7,551	1075,157	Valid	-35,057	58,922	25,708	2,104					
5	1.7...	31,810	0,715	11,609	2693,312	Valid	-33,079	75,008	35,543	2,497					
7	2.0...	33,757	0,716	16,881	5050,268	Valid	-28,494	98,493	35,738	3,327					
4	2.3...	20,946	0,874	12,668	3471,301	Valid	-32,131	55,196	23,218	2,643					
9	2.4...	73,638	0,702	6,287	830,094	Valid	-52,641	79,298	77,520	1,574					
8	2.7...	36,205	0,747	16,115	11259,1...	Valid	-28,859	56,926	38,179	3,472					
1	2.8...	21,905	2,033	10,643	4601,990	Valid	-35,907	38,954	27,198	1,606					
2	3.1...	32,646	3,147	7,519	803,971	Valid	-54,674	0,966	41,420	1,621					
10	3.2...	46,880	1,194	9,720	5077,008	Valid	-42,420	40,392	51,353	1,616					

Nota. Valores de FS calculados en diferentes secciones. Elaborado por: Autor a través de PLAXIS LE.

Figura 17

Factor de seguridad calculado en condiciones pseudoestáticas



Nota. Se presentan los resultados del factor de seguridad calculados por el programa en condiciones pseudoestáticas. Elaborado por: Autor a través de PLAXIS LE.

4.2.1.3 Análisis del modelo suelo en SLIDE3

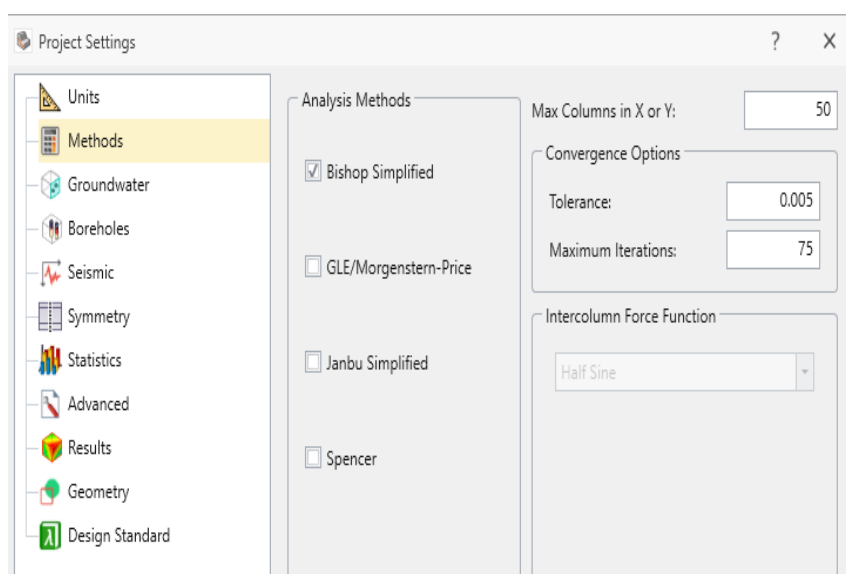
Esta herramienta nos proporciona la capacidad de realizar cálculos del factor de seguridad en modelos 3D de geometrías complejas relacionadas con la estabilidad de taludes. Además, permite evaluar la interacción entre diferentes variables, considerando aspectos como la topografía detallada, la variabilidad del suelo y otros factores relevantes para obtener análisis más precisos y detallados. Con esta funcionalidad, se logra una comprensión más completa de la estabilidad de los taludes en entornos tridimensionales.

Paso 1: Importar Topografía. Slide3 posibilita la importación de datos topográficos desde un archivo en formato DXF. Esta funcionalidad facilita la incorporación de datos topográficos existentes en el proceso de diseño y evaluación de la estabilidad, lo que contribuye a un análisis más preciso y eficiente.

Paso 2: Método de análisis. En esta fase, optamos por el método que implementaremos para la ejecución de nuestro análisis.

Figura 18

Método de análisis



Nota. Selección del método de Bishop simplificado para el análisis. Elaborado por: Autor a través de SLIDE3

Paso 3: Materiales. En esta sección, procedemos a ingresar los parámetros específicos que caracterizan la resistencia al corte de nuestro suelo. Estos parámetros, tales como la cohesión y el ángulo de fricción interna, son esenciales para nuestro análisis.

Figura 19

Definición de materiales

Name: ML

Unit Weight (kN/m3): 20.9 Saturated U.W. (kN/m3): 20

Strength | Water Parameters | Unsaturated Shear Strength

Failure Criterion: Mohr Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

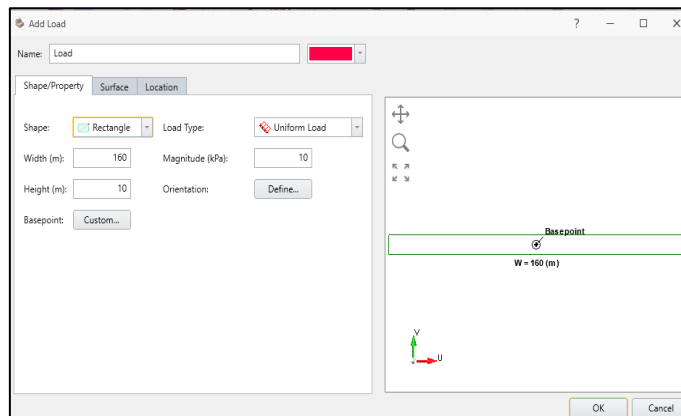
Type	Data
Cohesion (kPa)	40.21
Phi (°)	32
Use Tensile Strength	<input type="checkbox"/>

Nota. Definición de los parámetros de resistencia del suelo. Elaborado por: Autor a través de SLIDE3.

Paso 4: Cargas. En esta sección, es necesario registrar todas las fuerzas y solicitaciones que pueden afectar en la estabilidad de nuestro talud. Esto incluye la carga distribuida de vehículos sobre el talud, así como los coeficientes sísmicos horizontal y vertical que se utilizan para llevar a cabo el análisis pseudostático.

Figura 20

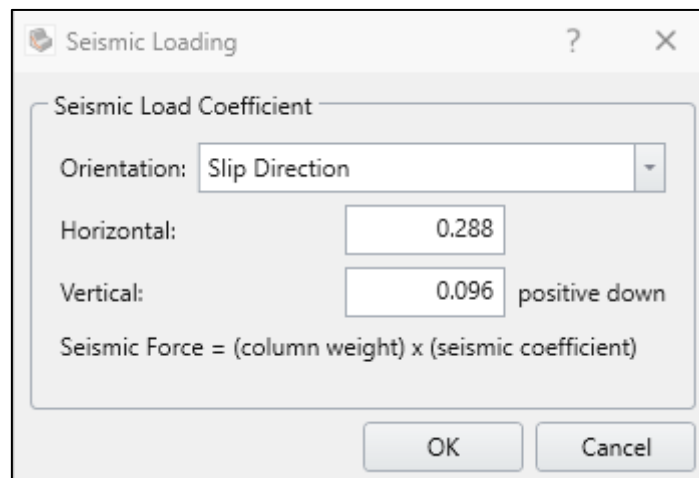
Ingreso de cargas



Nota. Se ingresan valores referentes a la sobrecarga vehicular. Elaborado por: Autor a través de SLIDE3.

Figura 21

Ingreso de los coeficientes sísmicos



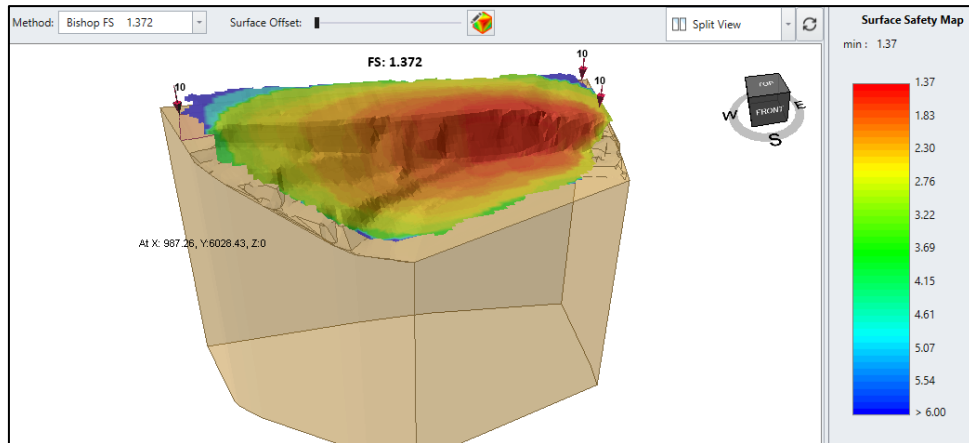
Nota. Ingreso de valores de los coeficientes sísmicos horizontal y vertical. Elaborado por: Autor a través de SLIDE3.

Paso 5: Análisis y Resultados. Se lleva a cabo el análisis de estabilidad y, como resultado, el programa presenta el factor de seguridad mínimo en una sección crítica. Además, proporciona la visualización de diversos factores de seguridad en numerosas

secciones calculadas por el software. La evaluación se llevó a cabo en dos etapas; la primera se ejecutó bajo condiciones naturales con carga adicional, mientras que la segunda incorporó, además de la sobrecarga, el análisis sísmico.

Figura 22

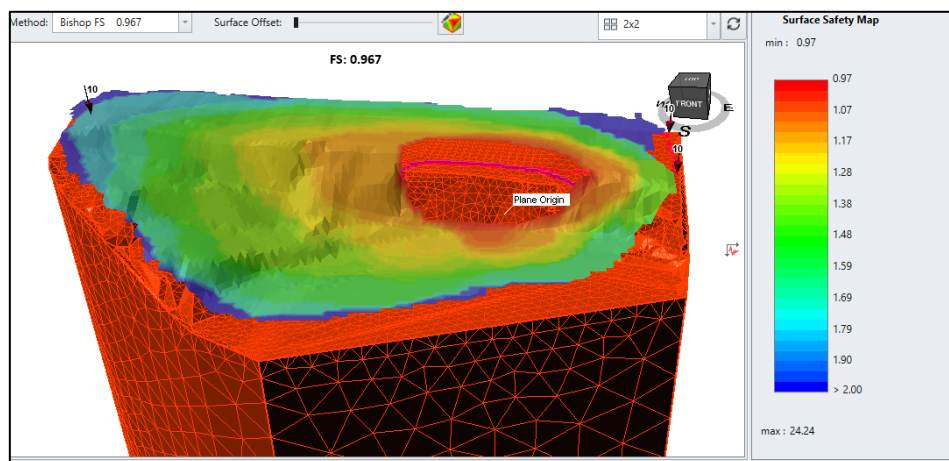
Factor de seguridad en condiciones estáticas



Nota. Se presentan los resultados del factor de seguridad del análisis estático. Elaborado por: Autor a través de SLIDE3

Figura 23

Factor de Seguridad en condiciones pseudoestáticas



Nota. Se presentan los resultados del factor de seguridad del análisis pseudoestático. Elaborado por: Autor a través de SLIDE3.

4.2.1.4 Resultados generales

Los resultados de la simulación en los programas PLAXIS LE y SLIDE 3 nos dan información detallada de dos análisis. En el primero, evaluamos la estabilidad del talud simplemente estático, obteniendo los valores del factor de seguridad. En el segundo análisis, que considera el impacto sísmico o pseudoestático, calculamos y registramos igualmente valores del factor de seguridad, resumidos en la tabla 3.

Tabla 3

Factores de seguridad calculados

Software	Factor de seguridad	
	Tipo de análisis	
	Estático	Pseudoestático
PLAXIS LE	1,697	1,275
SLIDE3	1,372	0,967

Nota. Se presenta un resumen de los factores de seguridad calculados por los programas.

Elaborado por: Autor

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DESARROLLO DE ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN Y DE PROTECCIÓN

En esta sección, examinaremos las diversas alternativas estructurales para resguardar el talud de la Calle Julio Ramos. Tras llevar a cabo el análisis de estabilidad y obtener los valores del factor de seguridad, se determina que el talud es estable en condiciones estáticas normales. Al comparar el factor de seguridad mínimo obtenido con el programa slide3 (1,57) con el recomendado en las normas NEC 15 (1,6), observamos una diferencia mínima. Sin embargo, en el análisis pseudoestático, se evidencia que el talud es inestable, aunque el valor no difiere significativamente del umbral recomendado en las normas NEC 15, que establece un factor de seguridad mínimo de 1,05. Cabe destacar que los resultados obtenidos mediante el programa PLAXIS LE muestran valores de factor de seguridad que cumplen con los criterios aceptables según las normativas especificadas.

En este contexto, se propone la implementación de una estructura de protección, como una malla, geotextil u hormigón proyectado, con el propósito de prevenir el desplazamiento de bloques y erosión del talud. Además, se sugiere la integración de una estructura de estabilización mediante anclajes para contrarrestar los efectos de posibles cargas y movimientos del terreno. Esta combinación de medidas busca abordar de manera integral tanto la estabilidad superficial del talud como posibles movimientos internos.

Considerando la altura del talud y las condiciones actuales, que incluyen la presencia de estructuras viales existentes, así como limitaciones relacionadas con la falta de espacio, no es viable la construcción de muros de hormigón o muros de gaviones. Estas opciones, aunque comunes para la estabilización de taludes, se ven limitadas por las restricciones físicas y logísticas presentes en el entorno específico de la Calle Julio

Ramos.

La altura del talud, combinada con la infraestructura vial preexistente, plantea desafíos considerables para la implementación de soluciones convencionales. En este contexto, la elección de una estructura de protección, como una malla o geotextil, junto con una estructura de estabilización mediante anclajes, se vuelve aún más relevante y adecuada, ya que se adapta a las limitaciones físicas presentes en el sitio y proporciona una respuesta efectiva a las condiciones específicas del talud en cuestión.

5.1 Geomallas

La implementación de un geotextil para proteger el talud en la calle Julio Ramos se propone por varias razones fundamentales como: Control de erosión: Al ser instalados en el talud, actúan como una barrera que ayuda a controlar y prevenir la erosión del suelo. Protegen la superficie del talud contra el impacto directo de la lluvia y el viento, reduciendo así el riesgo de pérdida de suelo; Refuerzo del Suelo: Los geotextiles también pueden proporcionar refuerzo al suelo. Al distribuir las cargas de manera más uniforme, mejoran la resistencia del terreno, reduciendo la posibilidad de deslizamientos o movimientos no deseados; Filtración y Drenaje: Algunos geotextiles están diseñados con propiedades de filtración y drenaje que permiten la evacuación del agua, evitando la acumulación y la presión excesiva en el talud. Esto es particularmente beneficioso para prevenir problemas asociados con la saturación del suelo.

Los geotextiles son materiales fabricados principalmente de plásticos en combinación con otros materiales y esto depende de las características específicas requeridas siendo los más comunes el poliéster y el polipropileno, aunque también se recurre al polietileno y al nylon. estos materiales se caracterizan por su resistencia a la

tracción, durabilidad y permeabilidad al agua. Su versatilidad radica en su capacidad para desempeñar diferentes funciones en proyectos de ingeniería civil y geotécnica; Durabilidad: Los geotextiles son fabricados para resistir condiciones climáticas adversas y tienen una vida útil prolongada. Su durabilidad contribuye a una solución a largo plazo para la protección del talud.

5.1.1 Propiedades y características

5.1.1.1 Propiedades físicas

Las propiedades físicas de los geotextiles se refieren a características que pueden ser observadas o medidas, proporcionando información acerca del comportamiento de estos materiales en diversas situaciones. Algunas propiedades físicas fundamentales de los geotextiles incluyen:

- ***Peso por Unidad de Área (Gramaje)***: Indica la cantidad de masa de la geomalla por unidad de superficie y tiene impacto en su resistencia mecánica y permeabilidad.
- ***Espesor***: La distancia entre las superficies superior e inferior de la geomalla, la cual incide en su resistencia a la perforación y su capacidad de filtración.
- ***Permeabilidad al Agua***: La habilidad de la geomalla para permitir o limitar el flujo de agua a través de él, siendo crucial en aplicaciones de drenaje.

5.1.1.2 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de un geotextil se refieren a cómo el material responde a fuerzas externas y carga aplicada. Algunas de las propiedades mecánicas clave

de los geotextiles incluyen:

- **Resistencia a la Tracción:** Mide la capacidad de la geomalla para resistir fuerzas de tracción. Se evalúa en direcciones longitudinal y transversal.
- **Elongación a la rotura:** evalúa el incremento en la longitud de un material bajo la aplicación de fuerza de tracción antes de llegar al punto de ruptura.
- **Resistencia al punzonamiento:** Evaluación del comportamiento de la geomalla sometido a una carga estática, como la compactación de material. Se cuantifica la fuerza requerida para perforar la geomalla mediante el uso de un émbolo o pistón de cabeza plana.
- **Resistencia a la perforación:** Evaluación del comportamiento de la geomalla frente a una carga dinámica, como los impactos generados por la caída de materiales. La prueba implica medir el agujero resultante de la caída de un cono desde una altura específica. Los geotextiles que presentan una mejor respuesta son aquellos que han sido tejidos y tratados con resina.
- **Durabilidad:** La capacidad de la geomalla de mantener sus propiedades con el tiempo se evalúa considerando su comportamiento frente a agentes químicos (estudiando la variación de las propiedades de tracción), biológicos (evaluando los cambios de dimensiones y de las propiedades de tracción), hidrolíticos (a través de la prueba de fluencia, se observa este fenómeno de manera más pronunciada en las poliamidas, seguido por los poliésteres y con una menor medida en las poliolefinas.) y físicos (sometiendo la geomalla a ciclos de exposición a radiación UV).

Aunque no existe un procedimiento estándar para la elección del tipo de geomalla, nuestra selección se ha fundamentado en sus características específicas. En el mercado

actual, hay varios proveedores disponibles; sin embargo, notamos que las propiedades físicas y mecánicas de las geomallas tienden a ser consistentes. Para nuestro proyecto, optamos por la geomalla con la mayor resistencia a la tracción y mayor durabilidad, alineamientos basados en los ensayos descritos en la ASTM.

Tabla 4

Propiedades de la geomalla tipo TRM

Propiedades físicas	Norma de ensayo	Unidad	Datos
Tipo de manto			TRM
Penetración de luz	ASTM D6567	%	31
Resiliencia nominal	ASTM D6524	%	80
Espesor nominal	ASTM D6525	mm	7,6
Masa por unidad de área	ASTM D6566	g/m ²	408
Color			Verde
Propiedades mecánicas			
Fuerza de rotura		KN/m	44,4
Elongación a la rotura	ASTM D6818	%	20
Estabilidad UV		%	90
Resistencia retenida después de 1000 h	ASTM D4355	KN/m	40

Nota. Se resumen los valores de las propiedades físicas y mecánicas de la geomalla.

Elaborado por: Autor. Fuente: www.geomatrix.com.

5.1.2 Puesta en obra

5.1.2.1 Preparación del terreno

Antes de proceder con la instalación de la geomalla en la zona designada, resulta esencial nivelar cualquier desnivel y rellenar posibles agujeros presentes en el terreno. El objetivo primordial es lograr una superficie lo más uniforme posible, ya que esto contribuirá significativamente a mejorar el contacto del geosintético con el suelo. Este proceso de preparación del terreno no solo busca crear una base nivelada, sino que también facilita una mayor eficacia en la función de la geomalla al proporcionar un

contacto más uniforme y estable con el sustrato.

5.1.2.2 Sujeción

Para asegurar la sujeción de las láminas de geotextil en la parte superior del talud, es necesario realizar una excavación en forma de zanja. Se aconseja construir este canal dejando un margen de aproximadamente un metro desde el borde del talud. La zanja debe tener dimensiones de 20 centímetros tanto en ancho como en profundidad, si bien estas medidas pueden variar según el tamaño y peso de la lámina del geosintético.

Antes de proceder al relleno de la zanja, es crucial posicionar uno de los bordes de la geotextil en el fondo y asegurarlo mediante grapas o piquetas de sujeción, con una separación máxima recomendada de un metro entre cada una. Posteriormente, se coloca la tierra removida en la zanja y se lleva a cabo su compactación para garantizar una resistencia óptima. Este proceso contribuye a anclar de manera efectiva los geotextiles en el talud, fortaleciendo su estabilidad.

5.1.2.3 Extensión de la geomalla

Es crucial iniciar la extensión de las láminas de geosintéticos desde la parte superior de los taludes. En ocasiones, la longitud de la lámina puede resultar insuficiente para llegar hasta la base. En tales situaciones, la geomalla superior debe extenderse sobre el comienzo de la segunda lámina, actuando como una solapa. Se aconseja que esta solapa tenga un ancho de aproximadamente un metro.

Esta recomendación también debe seguirse cuando se requieran varios rollos de geomalla para cubrir toda la amplitud del talud. La diferencia radica en que las solapas verticales pueden variar en ancho, oscilando entre los 10 y 20 centímetros. Para asegurar la fijación de las láminas de geosintéticos en su posición, se pueden emplear grapas. En el caso de instalar estos elementos en las solapas, se debe aumentar la densidad a 2 grapas

por cada metro cuadrado. Este enfoque garantiza una sujeción efectiva de las geomallas, reforzando la estabilidad del sistema en el talud.

5.2 Malla de acero triple torsión

La elección de una malla de triple torsión para proteger el talud en la calle Julio Ramos se justifica por su flexibilidad, resistencia a la abrasión, capacidad de reforzamiento, facilidad de instalación, resistencia a la intemperie y su contribución a la promoción del crecimiento vegetal en el área afectada. contribuye a la estabilidad general del talud al tiempo que minimiza los riesgos de deslizamientos y daños asociados. Además, su resistencia a la intemperie y su capacidad para promover el crecimiento vegetal hacen que sea una elección sostenible y a largo plazo para la protección del talud en la calle Julio Ramos. La combinación de estas características respalda la eficacia y la viabilidad de la malla de triple torsión como parte integral de la estrategia de estabilización del talud.

5.2.1 Propiedades y características

5.2.1.1 Propiedades físicas

Las propiedades físicas de la malla de triple torsión se refieren a características que pueden ser observadas o medidas, proporcionando información acerca del comportamiento de estos materiales en diversas situaciones. Algunas propiedades físicas fundamentales de la malla incluyen:

- ***Material:*** Las mallas de triple torsión están comúnmente fabricadas con alambre de acero galvanizado o, en algunos casos, alambre de acero inoxidable. Estos materiales se eligen por su resistencia a la corrosión y durabilidad

- ***Dimensiones y Tamaño de Abertura:*** Las mallas de triple torsión están disponibles en una variedad de tamaños y dimensiones, incluyendo el tamaño de las aberturas entre los hilos de la malla. Estas dimensiones se seleccionan según los requisitos específicos del proyecto y la aplicación prevista.
- ***Peso y Densidad:*** El peso y la densidad de la malla pueden variar según el diseño y los materiales utilizados. Estas propiedades afectan la facilidad de manejo e instalación.

5.2.1.2 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de una malla de triple torsión se refieren a cómo responde y se comporta este tipo de estructura ante diversas fuerzas y tensiones.

Aquí hay algunas de las propiedades mecánicas clave:

- ***Resistencia a la Tracción:*** La capacidad de la malla para resistir fuerzas de tracción sin romperse. Se mide en términos de la fuerza máxima que puede soportar antes de ceder.
- ***Resistencia a la Compresión:*** La capacidad de la malla para resistir fuerzas de compresión sin deformarse permanentemente. Esto es crucial, especialmente si la malla se utiliza para contener o estabilizar suelos.
- ***Flexibilidad:*** La capacidad de la malla para doblarse o deformarse sin romperse. Una malla flexible puede adaptarse mejor a las irregularidades del terreno.
- ***Durabilidad:*** La capacidad de la malla para mantener sus propiedades mecánicas a lo largo del tiempo, incluso bajo condiciones ambientales adversas.
- ***Resistencia a la Fatiga:*** La capacidad de la malla para resistir ciclos

repetitivos de carga y descarga sin sufrir daños o deformaciones permanentes.

- **Rigidez:** La medida de la rigidez estructural de la malla. Una malla rígida puede proporcionar un mayor soporte estructural, pero la rigidez excesiva puede ser indeseable en ciertas aplicaciones.
- **Resistencia a la Corrosión:** Especialmente importante si la malla estará en contacto con suelos agresivos o ambientes corrosivos. Una resistencia adecuada a la corrosión prolongará la vida útil de la malla.
- **Estabilidad Dimensional:** La capacidad de la malla para mantener sus dimensiones originales bajo diversas condiciones ambientales, como cambios de temperatura.
- **Adherencia al Suelo:** Importante en aplicaciones de control de erosión, donde la malla debe mantenerse en su lugar y evitar el desplazamiento.
- **Capacidad de Deformación sin Pérdida de Resistencia:** Algunas mallas pueden deformarse para adaptarse a las condiciones del terreno sin perder significativamente su resistencia estructural.

En la actualidad, la aplicación de mallas de triple torsión para la protección y estabilización de taludes se ha vuelto cada vez más común. Este incremento en su uso se atribuye a las diversas propiedades promocionadas en el mercado, que abarcan desde la resistencia del acero hasta aspectos geométricos y propiedades mecánicas. En nuestro proyecto, hemos realizado una cuidadosa selección de la malla de triple torsión con la más alta resistencia, teniendo en cuenta las características específicas de nuestro talud, como su altura y longitud.

La elección de la malla se fundamenta en un análisis exhaustivo de sus

propiedades, alineadas con los requisitos del proyecto y las condiciones del terreno. La geometría única de nuestro talud, así como sus dimensiones particulares, influyó en la decisión de optar por una malla con resistencia excepcional. Los valores presentados en la tabla se derivan de las fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes.

Tabla 5

Propiedades de la malla de triple torsión

Propiedades físicas	Unidad	Datos
Forma		romboidal
Dimensiones	mm	x=83 y=143
Diámetros del círculo inscrito en el rombo	mm	65
Angulo de malla	°	49
Espesor de la malla	mm	11
Diámetro del alambre	mm	3
Propiedades mecánicas		
Resistencia a la tracción	KN/m	>150
Resistencia al punzonamiento	KN	>240
Elongación longitudinal	%	6
Capacidad de soporte a cortante	KN	>120
Capacidad de soporte frente a esfuerzo paralelos al talud	KN	>45

Nota. Se resumen los valores de las propiedades físicas y mecánicas de la malla de triple torsión. Elaborado por: Autor. Fuente: www.geobrugg.com

5.2.2 Puesta en obra

5.2.2.1 Preparación del terreno

Es esencial realizar una preparación adecuada del terreno antes de la instalación del sistema, lo cual incluye los siguientes pasos:

- Desbroce del talud
- Limpieza del talud
- Nivelación del talud
- Recorte del talud (si es necesario en el caso de una nueva construcción)

- Implementación de medidas de drenaje (si se considera necesario)

Las áreas fracturadas suelen presentar elementos verticales o protuberancias en el terreno. En muchos casos, es necesario realizar operaciones de nivelación o saneamiento para abordar esta situación. Este proceso implica la eliminación de salientes del terreno, retirada de bloques sueltos y relleno de oquedades.

5.2.2.2 Replanteo

El replanteo y marcado de todos los puntos críticos para la operación simplifica la ejecución y garantiza una visión general clara en todo momento. Este proceso de replanteo debe incluir la colocación de estacas, anclajes o marcas de acuerdo con las especificaciones del proyecto, adaptándose a la topografía del terreno y otros obstáculos. Los elementos a marcar incluyen, pero no se limitan a, los siguientes:

- Límites perimetrales
- Esquinas
- Delimitación de áreas de malla
- Anclajes, con numeración según el protocolo establecido.

5.2.2.3 Extensión de la malla

Preparación del anclaje: en la región anterior al borde superior del talud, a una distancia que varía entre dos y cuatro metros, se llevará a cabo mediante una alineación de piquetes de acero con diámetros de 12 a 25 mm y longitudes variables entre 0,80 y 1,25 m, dependiendo de la altura y características del talud. Estos piquetes serán insertados en perforaciones practicadas en la roca y posteriormente asegurados con lechada de hormigón. Cuando las características de la roca ofrezcan poca resistencia, los piquetes se ubicarán en una correa de hormigón con una dosificación de 200 Kg/m³, que tendrá un ancho de 0,25 a 0,50 m y una profundidad de 0,75 a 1,25 m. La separación entre

los piquetes de anclaje será de 1 m.

El enrejado se anclará mediante la sujeción de varias mallas a cada piquete, doblando previamente el mismo. En casos donde sea necesario lograr una distribución más equitativa de las cargas después de anclar las mallas, la parte sobrante anterior a la alineación de piquetes se coserá en forma de solapa a una barra de acero fijada entre ellos.

Se desplegarán los rollos de enrejado hasta la parte inferior del talud, y se coserán entre sí los bordes de cada rollo con alambre de características similares. La fijación del enrejado al talud se realizará mediante la utilización de piquetes que se hincarán de manera discrecional, siguiendo las irregularidades del terreno, sin reducir la elasticidad del enrejado para permitir su función de amortiguar los movimientos superficiales del terreno.

Como complemento a la técnica de colocación del enrejado TT mencionado, se considera recomendable la creación de un cunetón de desagüe en la base del talud, aprovechando el anclaje, con el propósito de prevenir la influencia del agua en el talud.

5.3 Hormigón proyectado

Se conoce también como concreto lanzado o proyectado y se compone de una mezcla de cemento y agregado. Puede ser aplicado en seco o en forma húmeda, siendo comúnmente utilizado con una malla de refuerzo y tubos de PVC para prevenir las presiones de poro generadas por el represamiento de aguas subterráneas.

Este tipo de concreto presenta una densidad similar tanto al concreto convencional como al de alta resistencia. Destaca por su mayor impermeabilidad y resistencia frente a fenómenos como congelamiento, deshielo y fuego. Es esencial prestar especial atención a los procesos de expansión y contracción durante su aplicación.

La composición de la mezcla puede incluir o no refuerzo, dependiendo de la carga

a la que se someterá y de las propiedades de la superficie que se pretende proteger. Los refuerzos más frecuentes suelen ser las mallas electrosoldadas.

La elección de utilizar el hormigón lanzado como medida de protección se sustenta en su extraordinaria capacidad para integrarse de manera precisa y efectiva con la topografía del terreno. Esta adaptabilidad se traduce en una solución que no solo responde a las necesidades de estabilización y seguridad, sino que también presenta beneficios adicionales, tales como la minimización del impacto visual y la armonización estética con el entorno natural circundante. La versatilidad de este sistema no solo se limita a su eficacia técnica, sino que también responde a una preocupación integral por la preservación del paisaje y la promoción de soluciones que encuentran un equilibrio entre funcionalidad y estética en la protección del entorno.

5.3.1 Propiedades y características

5.3.1.1 Adherencia

La propiedad de adherencia del hormigón lanzado adquiere una importancia crucial, especialmente en aplicaciones destinadas a la protección de taludes, la capacidad del material para adherirse de manera firme a la superficie del talud es esencial para garantizar la estabilidad estructural a lo largo del tiempo.

En la protección de taludes, el hormigón lanzado se aplica directamente sobre la superficie del terreno inclinado. La buena adherencia asegura que el material se una de manera uniforme y eficaz, evitando deslizamientos o desprendimientos. La formulación específica del hormigón lanzado y la adecuada preparación del talud son factores determinantes para lograr una unión sólida.

5.3.1.2 Versatilidad

La versatilidad del concreto proyectado se refiere a su capacidad para adaptarse y

aplicarse en una amplia variedad de contextos y condiciones. En el caso específico de taludes, esta versatilidad se manifiesta en su capacidad para cumplir diferentes funciones, como la estabilización del terreno, la prevención de la erosión y la protección contra deslizamientos, todo ello mientras se ajusta a las formas y características específicas de la topografía del talud

5.3.1.3 Durabilidad

La durabilidad del concreto proyectado se vincula estrechamente con su capacidad para mantener su rendimiento frente a condiciones adversas, como el congelamiento y deshielo. En tales situaciones, el concreto lanzado ha exhibido una notable resistencia, preservando eficazmente su funcionalidad y estructura a lo largo del tiempo.

5.3.1.4 Impermeabilidad

La técnica de aplicación del concreto lanzado, al lograr una alta compactación, posibilita obtener una impermeabilidad aceptable en las superficies construidas con este tipo de concreto. La estrecha unión de las partículas que lo conforman impide de manera efectiva que los líquidos se filtren fácilmente.

5.3.1.5 Relación agua/cemento

En la preparación de las mezclas de concreto proyectado, se utilizan proporciones bajas en la relación agua/cemento. Esto posibilita alcanzar resistencias elevadas en los elementos construidos con este tipo de concreto. En el caso específico del concreto lanzado de mezcla seca, las relaciones agua/cemento "in-situ" han oscilado entre 0,30 y 0,5 por peso, mientras que en el de mezcla húmeda, los valores de dicha relación varían entre 0,40 y 0,55.

Tabla 6

Relación agua/cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días, Kg/cm ²	Relación agua/cemento y la resistencia a la compresión requerida	
	Concreto sin aire	Concreto con aire
420	0.41	-
350	0.48	0.4
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Nota. Valores de la relación agua cemento en base a la resistencia a la compresión del hormigón. Elaborado por: Autor. Fuente: Diseño y Control de mezclas de concreto, Steven Kosmatka.

5.3.1.6 Resistencia a la compresión

En el rango de 3000 a 7000 psi (20 a 48 MPa) se encuentran los valores más reportados de resistencia a los 28 días; no obstante, en algunas pruebas del concreto lanzado del tipo mezcla seca se han desarrollado resistencias superiores a los 10,000 psi. Se recomienda que resistencias superiores a los 5000 psi (34.5 MPa) se especifiquen solo para trabajos de concreto lanzado que serán ejecutados y supervisados de manera cuidadosa.

Tabla 7

Resistencia a la compresión requerida promedio.

Resistencia a la compresión especificada f'_c , Kg/cm ²	Resistencia a la compresión requerida promedio. f'_{cr} , Kg/cm ²
Menos que 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 85$
Mayor que 350	$f'_c + 100$

Nota. Valores de la resistencia a la compresión requerida en base a la resistencia a la compresión del hormigón. Elaborado por: Autor. Fuente: Diseño y Control de mezclas de concreto, Steven Kosmatka.

5.3.1.7 Peso unitario y módulo de estabilidad

El peso unitario de un buen concreto lanzado oscila entre 140 y 150 lb/pie³ (2230

a 2390 kg. /m³). El módulo de elasticidad en general se encuentra entre 2,5 x 10⁶ y 6 x 10⁶ psi (17 x 10³ a 41 x 10³ MPa).

5.3.1.8 Revenimiento

El concreto debe ser fabricado con una buena trabajabilidad, plasticidad y consistencia adecuadas a las condiciones de trabajo. El Revenimiento o asentamiento, en el método Vía Húmeda debe ser mínimo y controlable por la bomba. Un rango de 1 ½” a 3” (40 a 75 mm) de revenimiento es normalmente considerado aceptable. Un exceso de fluidez conduce a la debilidad del concreto proyectado y a su desprendimiento al aplicarse en superficies verticales u horizontales elevadas. En el caso del concreto proyectado Vía Húmeda, la presencia de aire en un intervalo de 5% a 8% en la bomba suele ser aceptable.

Tabla 8

Datos de revenimiento.

Revenimiento (cm)		Construcción de concreto
Máximo	Mínimo	
7,5	2,5	Zapatas y muros de cimentación reforzada.
7,5	2,5	Muros de subestructuras, cajones y zapatas sin refuerzos.
10,0	2,5	Vigas y muros reforzados.
10,0	2,5	Columnas de edificios.
7,5	2,5	Pavimentos de losas.
5,0	2,5	Concreto masivo.

Nota. Valores de revenimiento en base al tipo de construcción que desarrollemos. Elaborado por: Autor. Fuente: Diseño y Control de mezclas de concreto, Steven Kosmatka.

5.3.1.9 Espesor de capa

El espesor del concreto lanzado que se pueda aplicar dependerá de varios factores,

como el tipo, la edad y la cantidad de cemento, la dosificación del aditivo acelerante de fraguado, la calidad de los agregados, la compatibilidad entre el aditivo superfluidificante y el acelerante en el concreto proyectado por vía húmeda, la relación agua/cemento, y la habilidad y experiencia del operador de la boquilla. En el caso de taludes, se recomienda un espesor que oscile entre 50 mm y 150 mm de acuerdo con la normativa ACI 506R-90.

5.3.2 Componentes

5.3.2.1 Cemento

El cemento empleado en cualquier proceso de lanzamiento cumple con los estándares prescritos para el cemento Portland Tipo I, según lo establecido en la norma ASTM C-150. Durante la colocación, las temperaturas del cemento en las mezclas no superan los 50°C, y en los silos de almacenamiento, la temperatura se mantiene por debajo de los 70°C.

La cantidad de cemento se calcula generalmente a través de la relación agua-cemento y el contenido de agua seleccionado, pero con frecuencia, las especificaciones también establecen un mínimo de contenido de cemento y una relación agua-cemento máxima. Estos requisitos mínimos de cemento son esenciales para garantizar una durabilidad y acabado satisfactorios, así como una mayor resistencia al desgaste y una apariencia adecuada.

Tabla 9

Tamaño máximo del agregado

Tamaño Máximo del Agregado		Kg/m³
mm	Pulg	
38,1	1 1/2	279
25,4	1	309
19,0	3/4	320
12,7	1/2	350
9,5	3/8	362

Nota. Valores de tamaño máximo del agregado y su gravedad específica. Elaborado por: Autor. Fuente: Diseño y Control de mezclas de concreto, Steven Kosmatka.

5.3.2.2 Agua

La cantidad de agua presente en el concreto puede ser influenciada por diversos factores como el tamaño y forma del agregado, la fluidez, la relación agua-cemento, la presencia de aire, el contenido de cemento, la adición de aditivos y las condiciones ambientales. Las estimaciones de los niveles de agua utilizadas para las mezclas están basadas en el uso de agregado angular. Sin embargo, para ciertos tipos de concretos, estas estimaciones pueden reducirse aproximadamente en 12 kg para gravas con partículas trituradas y hasta 27 kg para gravas redondeadas.

Tabla 10

Cantidad de agua

Revenimiento (cm)	Agua, Kg/m ³ de concreto, para los tamaños máximos indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	Concreto sin aire incluido							
2,5 a 5,0	208	199	187	178	163	154	130	113
7,5 a 10	228	217	202	193	178	169	145	125
15 a 18	243	228	214	202	187	178	160	-
Cantidad aproximada de aire atrapado en el concreto (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2

Nota. Valores de la cantidad de agua relacionado con el tamaño del agregado y el revenimiento. Elaborado por: Autor. Fuente: Diseño y Control de mezclas de concreto, Steven Kosmatka.

5.3.2.2 Agregados

Los agregados finos y gruesos, tienen un tamaño máximo nominal de 12,7 mm. Los agregados combinados son bien gradados y están completamente dentro de los límites granulométricos, (Rafael López).

Tabla 11

Volumen del agregado grueso

Tamaño máximo del agregado en mm (pul)	Volumen de agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena			
	2,40	2,60	2,80	3,00
10 (3/8")	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5 (1/2")	0,59	0,57	0,55	0,53
20 (3/4")	0,66	0,64	0,62	0,60
25 (1")	0,71	0,69	0,67	0,65
40 (1 1/2")	0,75	0,73	0,71	0,69
50 (2")	0,78	0,76	0,74	0,72
70 (3")	0,82	0,80	0,78	0,76
150 (6")	0,87	0,85	0,83	0,81

Nota. Valores del volumen de agregado grueso dependiendo del tamaño y su volumen unitario. Elaborado por: Autor. Fuente: Diseño y Control de mezclas de concreto, Steven Kosmatka.

5.3.2.3 Malla Electrosoldada

El refuerzo se compone de elementos de alta resistencia, laminados en caliente y estirados en frío, con una resistencia mínima de 525 MPa en pruebas de tracción. El espaciado entre varillas y su diámetro coincide con las especificaciones comerciales de barras corrugadas o similares. Esta red metálica, empleada para reforzar el concreto lanzado, está constituida por una trama cuadrada de alambres soldados en sus intersecciones, y se asegura mediante anclajes cortos y/o clavos de impacto.

Tabla 12

Medidas de la malla electrosoldada

MALLA ELECTROSOLDADA	
CUADRO cm x cm x mm	PESO (Kg.)
10 x 10 x 4	29,5
10 x 10 x 5	46,05
10 x 10 x 6	66,33
15 x 15 x 4	19,83
15 x 15 x 5	30,95
15 x 15 x 6	44,58
15 x 15 x 8	79,23

Nota. Medidas de la malla electrosoldada que se encuentra en el mercado. Elaborado por:
Autor. Fuente: www.adelca.com

5.3.2.4 Aditivos

Estos cambian según los elementos presentes en su composición y las propiedades necesarias para su aplicación. Las razones principales para incorporar aditivos son: mejorar la resistencia, permitir la manejabilidad en el bombeo, aumentar o disminuir el tiempo de fraguado dependiendo las condiciones climáticas, entre otras.

5.3.3 Diseño de la mezcla para proyección húmeda

El concreto lanzado vía húmeda es ampliamente preferido sobre el de vía seca debido a sus beneficios destacados. Este método no solo permite un control preciso del agua en el proceso de mezclado, sino que también asegura una mezcla homogénea, reduciendo significativamente el polvo y la pérdida de cemento durante la proyección. Además, al presentar un rebote menor, el concreto lanzado vía húmeda minimiza el desperdicio de material y permite una aplicación más eficiente.

La posibilidad de lograr una mayor eficiencia en la producción también destaca la versatilidad del concreto lanzado vía húmeda, ofreciendo ventajas adicionales en términos de control de costos y recursos. Su aplicación se vuelve particularmente beneficiosa en proyectos donde se prioriza la precisión en la mezcla, la reducción de desperdicios y la optimización del rendimiento general del concreto proyectado.

Antes de comenzar el diseño de la mezcla, es crucial establecer parámetros iniciales o, de entrada. Como diseñadores, seleccionamos la resistencia específica que buscamos en el concreto. Además de eso, definimos el espesor mínimo de la capa de

acuerdo con las normativas vigentes para asegurar la integridad estructural. También evaluamos el tamaño máximo recomendado para el agregado, teniendo en cuenta factores como la trabajabilidad y las características de colocación del concreto. Este enfoque meticoloso en la fase inicial del diseño contribuye a obtener un concreto que cumple con los estándares requeridos y se adapta eficientemente a las necesidades del proyecto.

Tabla 13

Consideraciones de diseño

Propiedad	Material		
	Gravas	Arenas	Cemento
Peso vol. Suelto (kg/m ³)	1456,77	1393,72	
Peso vol. Varillado (kg/m ³)	1455	1509	
Gravedad especifica	2,65	2,4	3,15
Módulo de finura		2,7	
% Absorción	1,92	4,9	
% De humedad	0,5	8,15	
Tamaño máximo nominal	3/8 "		

Nota. Consideraciones de algunas propiedades para el diseño. Elaborado por: Autor

5.3.3.1 Revenimiento

De acuerdo con la tabla 8 tomamos el valor máximo recomendado para taludes

$$Revenimineto = 7,5 \text{ cm}$$

5.3.3.2 Resistencia

Para valores de resistencia a la compresión requerida promedio sin datos estadísticos, tomamos la recomendación de la tabla 7

$$f'c_r = f'c + 85$$

$$f'c_r = 210 + 85$$

$$f'c_r = 295 \text{ kg/cm}^2$$

5.3.3.3 Relación agua cemento

Según la tabla 10 la relación agua/cemento será:

$$\frac{a}{c} = 0,55$$

A partir de la tabla 10 también determinamos que la cantidad de agua aproximada en la mezcla es $C_W = 228 \text{ kg/m}^3$

5.3.3.4 Contenido de Cemento

$$C_c = \frac{C_W}{a/c}$$

$$C_c = \frac{228}{0,55}$$

$$C_c = 414,54 \text{ kg/m}^3$$

5.3.3.5 Contenido de agregado grueso

La cantidad aconsejada de agregado grueso al utilizar arena con un módulo de finura de 2,30 es de $0,50 \text{ m}^3$. Dado que el peso del agregado compactado y seco es de 1433 Kg/m^3 , podemos calcular:

$$C_{a.g} = 0,5 * 1433$$

$$C_{a.g} = 717 \text{ kg/m}^3$$

Realizando ajustes para el concreto destinado a bombeo y disminuyendo en un 10% la cantidad de agregado grueso, se logra:

$$C_{a.g} = 717 * 0,9$$

$$C_{a.g} = 645 \text{ kg/m}^3$$

5.3.3.6 Contenido de agregado fino

A partir de los pesos calculados anteriormente y con valores de gravedad específica o densidad de cada uno de los materiales podemos calcular el volumen de los

mismos, cabe señalar que el diseño que se plantea es para un metro cubico de mezcla:

$$V = \frac{\text{peso}}{\text{densidad}}$$

Por lo tanto:

$$V_w = \frac{228}{1000} = 0,228 \text{ m}^3$$

$$V_c = \frac{414,54}{3150} = 0,1316 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{agre.g}} = \frac{645}{2600} = 0,24 \text{ m}^3$$

$$\sum V = 0,6 \text{ m}^3$$

Entonces tenemos que:

$$V_{\text{total}} = 1 \text{ m}^3$$

$$1 = 0,6 + V_w$$

$$V_{\text{agre.fino}} = 0,4 \text{ m}^3$$

$$C_{\text{agr.fino}} = 960 \text{ kg}$$

5.3.3.7 Corrección por humedad

Para realizar la corrección por el contenido de humedad presente en nuestros agregados calculamos el peso de nuestros agregados incluyendo el contenido de agua

$$C_{a.g+w} = 645 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,005$$

$$C_{a.g+w} = 648,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$C_{\text{agr.fino}} = 960 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,8$$

$$C_{\text{agr.fino}} = 1038,24 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Y por consiguiente el peso adicionado a los agregados se disminuye al contenido

de agua necesario de la mezcla.

$$C_w = 228 - 3,225 - 78,24$$

$$C_w = 146,535$$

5.3.3.8 Malla electrosoldada

La malla electrosoldada que utilizaremos será de 10x10x5

5.3.4 Puesta en obra

Uno de los aspectos más cruciales a tener en cuenta en el concreto proyectado es la técnica de aplicación. Aunque se mantenga un control de calidad óptimo, si existen dudas en otros aspectos relacionados con la aplicación del concreto proyectado, el resultado final podría no ser satisfactorio. Es por esta razón que se hace imperativo considerar detenidamente los procedimientos descritos a continuación.

5.3.4.1 Preparación del terreno

Es esencial realizar una preparación adecuada del terreno antes de la instalación del sistema, lo cual incluye los siguientes pasos:

- Desbroce del talud
- Limpieza del talud
- Nivelación del talud
- Recorte del talud (si es necesario en el caso de una nueva construcción)
- Implementación de medidas de drenaje (si se considera necesario)

Las áreas fracturadas suelen presentar elementos verticales o protuberancias en el terreno. En muchos casos, es necesario realizar operaciones de nivelación o saneamiento para abordar esta situación. Este proceso implica la eliminación de salientes del terreno, retirada de bloques sueltos y relleno de oquedades.

5.3.4.2 Instalación de drenes

Aunque el talud bajo análisis se encuentra actualmente libre de agua, la aplicación de la pantalla de hormigón resultaría en la impermeabilización de la superficie del talud. Por esta razón, se aconseja la instalación de un tubo de PVC con un diámetro de 50 mm por cada 9 metros cuadrados, con una inclinación de 5°, para facilitar el drenaje adecuado.

5.3.4.3 Instalación de malla electrosoldada

Una vez que los sistemas de drenaje han sido colocados, se procede a ajustar la configuración de la pantalla del muro mediante la malla electrosoldada, siguiendo el diseño preestablecido. Esta malla debe ser firmemente asegurada a la superficie del talud mediante chicotes de acero, asegurando su estabilidad para evitar cualquier movimiento durante el proceso de hormigonado.

5.3.4.4 Procedimientos preliminares antes del proyectado

Equipo. Es fundamental mantener limpio el equipo utilizado para la dosificación, mezcla y proyección a fin de garantizar la calidad del concreto lanzado.

Limpieza. La adecuación de la superficie puede llevarse a cabo días o incluso semanas antes de la ejecución del proceso de lanzado. En tal caso, es esencial realizar una limpieza exhaustiva mediante un lavado hacia abajo, todo ello en preparación para la correcta proyección del concreto. En el caso de la mezcla seca, los procedimientos deben ajustarse para cumplir con la corriente de aire-agua en la boquilla.

Cuando la superficie presenta una extrema porosidad, se recomienda prehumedecerla con antelación al proceso de lanzado. Esto se lleva a cabo con el objetivo de minimizar la absorción del agua de mezclado del concreto.

5.3.4.5 Aplicación del concreto

Una vez que se ha completado el ensamblaje del refuerzo del muro, se inicia la

proyección del hormigón para formar la pantalla del muro. Para garantizar una aplicación correcta del concreto lanzado, es esencial minimizar el rebote entre el hormigón y la superficie de aplicación. Con este propósito, se debe posicionar la manguera de proyección en ángulo recto con respecto a la superficie que se está proyectando.

Se coloca una capa inicial de concreto lanzado de alrededor de 5 cm para asegurar la cobertura de la malla de refuerzo.

5.3.4.6 Acabado

El acabado debe ser óptimo tanto desde una perspectiva estructural como de durabilidad. Un acabado deficiente podría ocasionar rupturas, disminuir la cohesión interna y afectar la unión entre el concreto proyectado y el refuerzo, o entre el concreto proyectado y la superficie a cubrir.

5.3.4.7 Curado

El proceso de curado del concreto lanzado, al igual que el concreto convencional, es esencial para asegurar su máxima resistencia potencial y durabilidad. Esto se vuelve especialmente crítico en secciones delgadas, superficies texturizadas o cuando hay una baja relación agua/cemento asociada con el concreto proyectado. La práctica óptima de curado implica mantener el concreto lanzado húmedo durante un período de 7 días, manteniendo una temperatura superior a los 5° C.

5.4 Anclajes activos permanentes

Los anclajes son elementos estructurales conformados básicamente por una barra de acero, placa de apoyo, longitud libre y bulbo este último también llamado zona de anclaje, es la parte en que el anclaje se adhiere al terreno y le transmite su carga, generalmente mediante la lechada, y que se tiene en cuenta los efectos resistentes.

La elección de utilizar anclajes como medida de estabilización del talud de la calle Julio Ramos se sustenta en la necesidad imperante de potenciar las fuerzas estabilizadoras que disminuyen especialmente en respuesta a la actividad sísmica. La implementación de anclajes busca específicamente fortalecer las masas de suelo y roca, conocidas por su baja capacidad portante y, por ende, propensas a sufrir deslizamientos.

Los anclajes incrementan el factor de seguridad del talud, obteniendo así un talud más estable frente a las diferentes sollicitaciones a las que esta propenso. Los anclajes, al generar un aumento en las tensiones normales sobre las superficies propensas a la rotura, desempeñan un papel fundamental en mejorar la resistencia al esfuerzo cortante del terreno. Esta mejora se traduce directamente en una mayor estabilidad y seguridad del talud, especialmente cuando se considera la amenaza sísmica podría empeorar las condiciones ya propensas a deslizamientos. Además, la elección de anclajes también se fundamenta en su capacidad para adaptarse a diversas condiciones geotécnicas y para proporcionar una solución eficaz con un impacto ambiental reducido en comparación con otras alternativas.

Los anclajes activos permanente tipo barra con inyección única global (a.a.p.t.b.) se componen generalmente de un tendón de acero, introducidos en una perforación que se rellena en parte de su longitud con lechada de cemento, mortero o resina. A través del tensado activo, se genera una carga de compresión contra la superficie inestable. (Dywidag Systems International, 2016).

5.4.1 Componentes

5.4.1.1 Barra de acero

La barra de acero, anclaje o tendón es el componente de refuerzo que opera bajo tensiones, limitándose al 60 % de su límite elástico en anclajes permanentes. Este acero

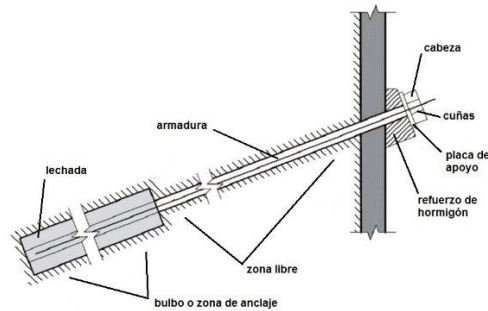
tiene como objetivo proporcionar fuerzas adicionales y regular los desplazamientos en el suelo. Sin embargo, tensiones excesivas pueden generar desplazamientos no deseados en el elemento, y el nivel de reacción y deformación está condicionado por las características de esfuerzo-deformación y la rigidez del material. De acuerdo con A. Carvajal, Gerdau AZA (2008) menciona que el refuerzo deberá tener la capacidad de fuerza y desplazamiento suficiente para satisfacer la inestabilidad, así como poseer la rigidez necesaria para enfrentar los diferentes ambientes geo mecánicos.

Aunque hay diversos sistemas de anclaje en forma de barra, como los de acero, fibra de vidrio y fibra de carbono, en nuestro análisis podemos clasificar tres tipos de barras que están disponibles en el mercado nacional: barras de acero corrugado laminado en caliente, barras de acero con diseño helicoidal y barras de acero auto perforantes de alta resistencia.

Las barras de acero corrugado disponibles en Ecuador satisfacen los requisitos de la norma INEN 2167 - ASTM A706, presentando una resistencia a tracción de 550 MPa, en especial las barras tipo GEWIL, este tipo de barras desempeñan un papel esencial en sistemas de anclajes, destacándose por su alta resistencia a la tracción y versatilidad dimensional. Fabricadas con acero de alta resistencia, estas barras ofrecen una capacidad excepcional para resistir fuerzas de tracción significativas. Su presencia de roscas exteriores facilita su conexión segura con otros elementos estructurales y componentes de anclajes, permitiendo una sujeción eficiente.

Figura 24

Esquema general de un anclaje



Nota. Representación de un anclaje y sus elementos. Fuente: www.victoryepezblogs.upv.es

5.4.1.2 Cabeza de anclaje, placa y accesorios

La cabeza del anclaje desempeña funciones cruciales, tales como la aplicación de tensión a la barra, la realización de pruebas de tracción, y, en caso necesario, la liberación, relajación y posterior volver a aplicar tensión. Además, distribuye las fuerzas de la barra al suelo y a la pantalla mediante un componente estructural previamente diseñado conocido como placa de cabeza o placa de apoyo. La cabeza debe tener la capacidad de adaptarse a las deformaciones que puedan surgir a lo largo de la vida útil de la estructura y debe absorber entre el 100 % y el 97 % de la fuerza de tracción correspondiente al límite de rotura del acero.

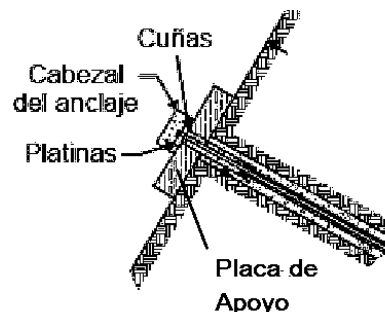
Para bloquear la carga de tensado en la región superficial del anclaje, se emplea una placa metálica que se ajusta mediante tuercas. Esta placa, al igual que la cabeza, transmite la carga del tendón al suelo y la pantalla, reduciendo las deformaciones causadas por las cargas de servicio. Además, logra una distribución adecuada de la presión ejercida por el anclaje y previene el punzonamiento al aumentar el área de contacto. La reducción del espesor de esta placa es posible según la geometría, manteniendo un mismo nivel de flexión.

La protección de la placa y la cabeza del anclaje es crucial para garantizar su durabilidad. Para la placa, se aplican recubrimientos protectores, como pinturas anticorrosivas, galvanización o tratamientos superficiales. El uso de materiales resistentes a la corrosión, como acero inoxidable, y la inspección regular son también medidas comunes.

En cuanto a la cabeza del anclaje, se utilizan cubiertas protectoras para resguardarla de la intemperie y sellos para prevenir la entrada de agua y contaminantes. Aplicar recubrimientos resistentes a la corrosión y seleccionar materiales adecuados son prácticas clave para asegurar la integridad de estos componentes y prolongar su vida útil.

Figura 25

Cabeza del anclaje



Nota. Representación de la cabeza del anclaje y sus elementos. Fuente: ingenieriareal.com

5.4.1.3 Bulbo o lechada

La lechada tiene tres roles principales que desempeñar:

- Asegurar la sujeción del anclaje al terreno con una capacidad de adherencia adecuada.

- Preservar el acero protegiéndolo contra la corrosión.
- Rellenar vacíos o grietas en el suelo.

La lechada de cemento empleada en la formación del bulbo se dosificará según las propiedades del suelo, variando la relación agua/cemento de 0.4 a 0.6 en peso. Para mejorar la plasticidad, compacidad y acelerar el fraguado, se incorporarán aditivos con contenidos de cloruros, sulfatos o nitratos inferiores al 0,1 %, 4 % y 0,1 % en peso, respectivamente. Estas dosificaciones cumplirán con las normas ASTM C 150. Además, se recomienda la inclusión de aditivos expansores, comúnmente en un rango del 1 al 2 % en peso del cemento, para incrementar la capacidad de carga del bulbo.

Las propiedades de la lechada de cemento afectan directamente a la capacidad de adherencia del bulbo en el contacto suelo – lechada de cemento, la cual constituye el parámetro geotécnico fundamental en la fase de diseño, pues es la resistencia por fricción lateral del bulbo, la que permite absorber la carga de postensado aplicada al anclaje. En otras palabras, la capacidad de adherencia del bulbo está asociada directamente con la capacidad de carga de los anclajes postensado. (Mazuelos y Mercado, 2020, p.1)

5.4.2 Parámetros de diseño

El diseño de un anclaje implica, en primer lugar, comprender la magnitud y dirección de los esfuerzos generados por la estructura que se anclará, conocidos como cargas nominales (consideradas sin mayorar). Posteriormente, se procede a dimensionar las diversas partes del anclaje, que incluyen el tirante, la longitud libre y la longitud de bulbo.

En el diseño de estructuras ancladas, es esencial considerar dos aspectos fundamentales:

- La estabilidad global de la región donde se ubica la estructura anclada. La

estructura puede fallar globalmente sin haber sufrido fallos locales, se forma una superficie de deslizamiento en la que los esfuerzos de corte alcanzan los valores de la resistencia al corte del terreno.

- El comportamiento individual de cada elemento de los anclajes y cómo afecta a su entorno más cercano (equilibrio local).

Proporcionar una inclinación y separación adecuadas al sistema de anclajes constituye uno de los elementos primordiales en el proceso de diseño. Esto garantiza que cada uno atraviese la superficie de rotura del talud, evitando así la concentración de esfuerzos en una zona específica cuando se agrupan múltiples elementos.

5.4.2.1 Inclinación

En estabilización de laderas la inclinación oscila entre 10° y 35° con la horizontal, la inclinación más habitual estaría dentro de la faja de los $15^\circ \sim 25^\circ$, en cambio llegar o sobrepasar los 45° es poco conveniente pues se reduce la efectividad a tracción y puede aumentar el número de anclajes. (Murillo & Ortuño, 2010).

Se da inclinación a un anclaje por varias razones que buscan mejorar su eficacia y adaptarse a las condiciones específicas del terreno y la construcción. Estas razones incluyen alcanzar estratos más profundos y resistentes, reducir la longitud del anclaje, facilitar la inyección de materiales, y alejar la perforación de posibles cimentaciones cercanas. La inclinación se utiliza estratégicamente para optimizar el rendimiento del anclaje y garantizar una mayor estabilidad y capacidad de carga en el proyecto

5.4.2.2 Separación

la separación entre anclajes debe ser evaluada considerando la carga de trabajo individual de cada anclaje, la distribución equitativa de cargas en la estructura o el talud,

y la influencia en elementos de reparto como vigas. Además, se debe tener en cuenta la estabilidad del talud, evitando configuraciones que puedan generar superficies de rotura no deseadas entre alineaciones de anclajes. La profundidad del bulbo y otros requisitos específicos del proyecto también juegan un papel crucial en la determinación de la separación óptima. En la práctica una separación razonable entre anclajes bordea de 1,50 a 3,50 metros (Murillo & Ortuño, 2010)

5.4.2.3 Longitud del bulbo

La ubicación del bulbo debe atravesar la superficie de falla. Las dimensiones geométricas del bulbo deben asegurar una superficie de contacto entre la lechada y el terreno lo suficientemente amplia para transmitir las cargas desde el anclaje al suelo con un coeficiente de seguridad adecuado. En otras palabras, las dimensiones del bulbo se calculan para garantizar que se cumpla el estado límite último de arrancamiento del anclaje. Existen varias teorías para calcular la longitud de bulbo,

A continuación, efectuaremos el cálculo con el método propuesto por la AASHTO teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El tipo de anclaje a usar inicialmente será el GEWI con diámetro $D=25\text{mm}$
- De acuerdo con las recomendaciones del diámetro mínimo de perforación para el anclaje $D=25\text{ mm}$ será 85 mm

La capacidad del anclaje según la AASHTO, es evaluada por:

$$T_R = \pi \phi_{perf} \tau_n l_b \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

T_R = resistencia nominal a la tracción del anclaje

ϕ_{perf} = diámetro de la perforación

τ_n = adherencia nominal

l_b = longitud del bulbo

De la tabla 14, se pueden obtener los valores de capacidad de adherencia suelo – lechada para suelos cohesivos definidos por la normativa American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 2017) que en sus tablas propone los valores como una guía para estimar la adherencia nominal última para anclajes instalados en suelos cohesivos y granulares con diámetros de perforación pequeños.

Tabla 14

Adherencia suelo-lechada

Anclaje/ tipo de suelo (presión de inyección)	Rigidez del suelo o resistencia a la comprensión no confinada (tsf)	Adherencia nominal [ksf] / [MPa]
Anclajes inyectados a gravedad (<50 psi)		
Mezcla limo - arcilla	Rígida a muy rígida 1,0 - 4-0	0,6 - 1,5 / 0,03 - 0,07
Anclajes inyectados a presión (50 - 400 psi)		
Arcilla alta plasticidad	Rígida 1,0 - 2,5	0,6 - 2,0 / 0,03 - 0,10
	M, rígida 2,5 - 4,0	1,5 - 3,6 / 0,07 - 0,17
Arcilla mediana plasticidad	Rígida 1,0 - 2,5	2,0 - 5,2 / 0,10 - 0,25
	M. rígida 2,5 - 4,0	2,9 - 7,3 / 0,14 - 0,35
Limo arenoso mediana plasticidad	M. rígida 2,5 - 4,0	5,8 - 7,9 / 0,28 - 0,38

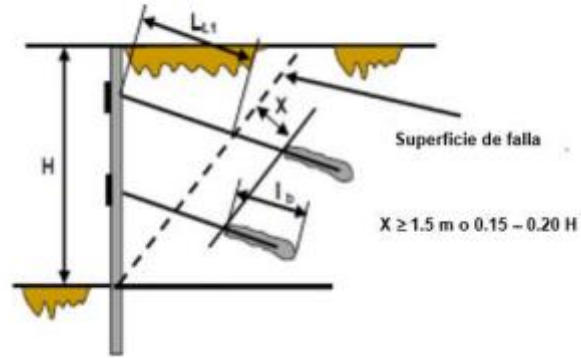
Nota. Los valores de la tabla son una guía para conocer la capacidad de adherencia de suelos cohesivos. Fuente: AASHTO, 2017

5.4.2.4 Longitud libre

Con el fin de garantizar que la ubicación del bulbo atravesase por detrás de la línea de falla, la longitud libre (ll) debe extenderse hasta alcanzar el valor máximo entre 1,5 metros o el rango de 0,15 a 0,20 veces la altura (H) más allá de la superficie crítica de deslizamiento.

Figura 26

Longitud libre y bulbo



Nota. Esquema indicativo de la posición de longitud libre y bulbo. Fuente: Huaylla y Rojas (2019).

5.4.3 Comprobaciones de seguridad

5.4.3.1 Comprobación de la tensión admisible del acero

Se debe cumplir en simultaneo las siguientes condiciones

$$\frac{P_{ND}}{A_T} \leq \frac{f_{pk}}{F_2}$$
$$\frac{P_{ND}}{A_T} \leq \frac{f_{yk}}{F_3} \quad \text{Ec. (4)}$$

A_T = sección del tirante.

f_{pk} = límite de rotura del acero del tirante.

f_{yk} = límite elástico del acero del tirante.

F_2, F_3 = coeficientes de seguridad que dependen de si el tirante es provisional o permanente. Sus valores están recogidos en la tabla

5.4.3.2 Comprobación del deslizamiento del tirante en la lechada, dentro del bulbo

Para dicha comprobación se deberá verificar:

$$\frac{P_{ND}}{L_B p_T} \leq \frac{\tau_{lim}}{1,2} \quad \text{Ec. (5)}$$

Siendo:

P_{Nd} = carga nominal mayorada de cada anclaje.

p_T = perímetro nominal del tirante

A_T = sección del tirante.

L_b = longitud de cálculo del bulbo.

τ_{lim} = adherencia límite entre el tirante y la lechada expresada en MPa.

5.4.3.3 Comprobación de la seguridad frente al arrancamiento del bulbo

Para esta comprobación se deberá verificar que:

$$\frac{P_{ND}}{\pi D_N l_b} \leq a_{adm} \quad \text{Ec. (6)}$$

Siendo:

D_N = diámetro nominal del bulbo.

a_{adm} = adherencia admisible frente al deslizamiento o arrancamiento del terreno que rodea el bulbo.

$$a_{adm} = \frac{a_{lim}}{F_4} \quad \text{Ec. (7)}$$

Con F_4 : coeficiente de seguridad que se puede ver en la tabla 7.

Tabla 15*Coefficientes de seguridad*

	F1	F2	F3	F4
Provisional	1,20	1,25	1,10	1,45
Permanente	1,50	1,30	1,15	1,65

Nota. Valores de los coeficientes para las comprobaciones de seguridad de anclajes provisionales o permanentes. Fuente: www.estructurando.net

5.4.4 Diseño

El cálculo de la longitud del anclaje se ha llevado a cabo siguiendo el método propuesto por la AASHTO. Este enfoque, respaldado por las directrices establecidas por la normativa, proporciona un marco integral para determinar la longitud adecuada del anclaje, considerando diversos factores críticos. Al realizar estos cálculos, hemos tenido en cuenta los valores recomendados que detallamos a continuación, los cuales han sido seleccionados cuidadosamente para asegurar una estabilidad óptima y cumplir con los estándares de seguridad requeridos para nuestro proyecto. Estos valores ofrecen una base sólida para el diseño y la implementación efectiva de los anclajes en nuestro contexto específico.

Tabla 16*Consideraciones para el diseño*

Parámetros	Unidad	Datos
Inclinación del anclaje	°	15
Separación entre anclajes	mm	2,5
Diámetro mínimo de perforación Ø	mm	85
Espesor de capa inestable	mm	1,5
Resistencia nominal del anclaje Tr	KN	157
Esfuerzo nominal de adherencia Tn	MPa	0,28
Diámetro de anclaje	mm	20

Área transversal anclaje	mm ²	491
Límite elástico a tracción	N/mm ²	500
Límite de rotura a la tracción	N/mm ²	550

Nota. Consideraciones para realizar el diseño de los anclajes como parámetros de entrada.

Elaborado por: Autor

5.4.4.1 Cálculo de longitud del bulbo

$$P_{ND} = T_R = \pi \phi_{perf} \tau_n l_b$$

$$l_b = \frac{T_R}{\pi \phi_{perf} \tau_n}$$

$$l_b = \frac{157}{\pi * 0,085 * 280}$$

$$l_b = 2,1 \text{ m}$$

5.4.4.2 Cálculo de longitud total del anclaje

$$l_{anclaje} = l_b + e_{capa \text{ inestable}}$$

$$l_{anclaje} = 2,1 + 1,5$$

$$l_{anclaje} = 3,6 \text{ m}$$

5.4.4.3 Comprobaciones de seguridad

Tensión admisible del acero. Ecuación 4

$$\frac{P_{ND}}{A_T} \leq \frac{f_{pk}}{F_2}$$

$$\frac{157000}{491} \leq \frac{550}{1,3}$$

$$319,75 < 423,07$$

Además:

$$\frac{P_{ND}}{A_T} \leq \frac{f_{yk}}{F_3}$$

$$\frac{157000}{491} \leq \frac{500}{1,15}$$

$$319,75 < 434,78$$

∴ si cumple la condición

Comprobación del deslizamiento del tirante en la lechada, dentro del bulbo.

Para dicha comprobación se deberá verificar:

$$\frac{P_{ND}}{l_b \cdot pt} \leq \frac{\tau_{lim}}{1,2}$$

$$\frac{157}{2 * 0,0785} \leq \frac{8350}{1,2}$$

$$1000 < 6958,3$$

∴ si cumple la condición

Siendo:

f_{ck} = resistencia característica (rotura a compresión a 28 días) de la lechada expresada en MPa.

$$\tau_{lim} = 6,9 (f_{ck}/22,5)^{2/3}$$

$$\tau_{lim} = 6,9 (30/22,5)^{2/3}$$

$$\tau_{lim} = 8,35 \text{ MPa}$$

pt = perímetro nominal del anclaje

$$pt = 2\sqrt{\pi \cdot AT}$$

$$pt = 0,0785 \text{ m}$$

Comprobación de la seguridad frente al arrancamiento del bulbo. Ecuación 6

$$\frac{P_{ND}}{\pi D_N l_b} \leq a_{adm}$$

$$\frac{175}{\pi * 0,085 * 2,1} \leq a_{adm}$$

$$279,97 < 280 \text{ MPa}$$

\therefore si cumple la condición

5.4.5 Puesta en obra

La instalación de anclajes in situ, en el lugar de la obra, se elige debido a la flexibilidad que brinda para ajustar las longitudes de los anclajes según las variaciones encontradas en el estrato resistente durante la fase de perforación. Aunque esta etapa no se considere crítica en la construcción de pantallas ancladas, la verificación meticulosa de los elementos resulta fundamental para garantizar la calidad del trabajo y prevenir posibles inconvenientes, especialmente durante las pruebas de tracción realizadas con fines de investigación y/o para la aceptación de los tirantes instalados.

La capacidad de adaptar las longitudes de los anclajes de acuerdo con las condiciones específicas del terreno contribuye significativamente a mejorar la eficacia y estabilidad del sistema global. En este contexto, es crucial llevar a cabo una revisión detallada durante la instalación para asegurar la integridad de los elementos y evitar problemas potenciales en el futuro.

Durante las pruebas de tracción, que pueden ser tanto parte de procesos de investigación como de aceptación de los anclajes instalados, se evalúa la capacidad y confiabilidad del sistema de anclaje. Estas pruebas son esenciales para validar el rendimiento esperado y garantizar que los anclajes cumplan con los estándares y requisitos de diseño establecidos. En resumen, la instalación de anclajes en el lugar de la

obra no solo proporciona flexibilidad, sino que también requiere una atención cuidadosa para asegurar la calidad y eficacia del sistema en su conjunto.

Durante la fase de montaje de los anclajes, es esencial tener en cuenta varios detalles, tales como:

- Garantizar que tanto el anclaje como sus componentes se encuentren en un estado limpio, sin rastros de corrosión ni daños mecánicos que puedan impedir su correcto funcionamiento.
- En el caso de anclajes permanentes, se fabrican con doble protección anticorrosión.
- Verificar la presencia y posición de los centradores para asegurar una correcta alineación.
- Asegurarse de que los conductos de inyección alcancen la extremidad del anclaje, cumpliendo así con los requisitos establecidos.

5.4.5.1 Centralizadores

Los centralizadores o separadores, fabricados principalmente en PVC, desempeñan un papel crucial en el proceso de anclaje. Su función principal consiste en posicionar el anclaje en el centro del orificio, lo cual contribuye significativamente a mejorar la resistencia a la corrosión del anclaje y a garantizar una distribución uniforme de la lechada que rodea al anclaje durante la instalación.

Estos dispositivos se disponen a lo largo del anclaje, manteniendo una distancia apropiada que impide el contacto directo de la barra con el suelo. Este espacio entre centralizadores, como lo establece la normativa británica BS8081 de 2015, se ajusta según el área de acero. Se recomienda una colocación entre 2 y 4 metros, considerando el calibre

de la barra, ya sea menor o mayor.

La función de estos centralizadores va más allá de simplemente posicionar el anclaje; también juegan un papel crucial en la protección contra la corrosión y en garantizar una instalación efectiva y duradera del anclaje en el terreno. El cumplimiento de normativas específicas, como la mencionada, contribuye a asegurar prácticas estándar y la eficacia del sistema de anclaje

5.4.5.2 Conductos de inyección

Los conductos de inyección, formados típicamente por dos mangueras de PVC, desempeñan un papel esencial en el proceso de anclaje. Una de estas mangueras se extiende desde la boca hasta el extremo del anclaje, sirviendo como conducto para la lechada. La segunda manguera se coloca en el inicio de la zona de bulbo, y su función principal es verificar que la lechada ha llegado adecuadamente a esta área crucial del anclaje.

La manguera que se extiende hasta el extremo del anclaje permite la inyección precisa de la lechada, asegurando que el material se distribuya de manera uniforme a lo largo de toda la longitud del anclaje. Por otro lado, la manguera ubicada en el inicio de la zona de bulbo actúa como un indicador visual que confirma la correcta llegada de la lechada a esta región específica del anclaje.

Estos conductos de inyección son fundamentales para garantizar la efectividad del anclaje al permitir una distribución controlada de la lechada, que es crucial para la consolidación del bulbo y, por ende, para la estabilidad del anclaje en el terreno. El monitoreo visual proporcionado por la segunda manguera contribuye a verificar la ejecución adecuada del proceso de inyección.

5.4.5.3 Perforaciones

La técnica de perforación utilizada en anclajes, denominada "agujero pequeño", presenta similitudes con los métodos empleados en micropilotes e inyecciones. Durante el proceso de barrenado o taladro, se destaca la importancia de no modificar las características naturales del suelo. Se aconseja mantener un registro detallado que incluya información sobre los distintos tipos de suelo encontrados a diversas profundidades, así como la detección de la presencia de agua u otros materiales extraños.

Este enfoque preciso en el registro durante la perforación proporciona información valiosa para entender las condiciones del subsuelo. Identificar la composición del suelo y la presencia de factores como el agua o materiales extraños es esencial para planificar y ejecutar de manera efectiva los procesos subsiguientes, como la instalación de anclajes. El conocimiento detallado del subsuelo permite tomar decisiones informadas y adaptar los métodos de anclaje para garantizar la estabilidad y eficacia del sistema en el terreno específico.

Según (Monroy, Anclaje en suelos, 2007), el procedimiento constructivo del barreno depende principalmente de los siguientes factores:

- Tipo de terreno.
- Maquinaria empleada.
- Dimensiones del barreno, inclinación y forma del bulbo.
- Experiencia del operador.
- Método de perforación y barrido.
- Maniobras de avance.
- Tolerancia en las dimensiones del barreno.

El método de perforación o destroza varía en función de las características del suelo. Para suelos blandos, se puede emplear un sistema de rotación, mientras que para suelos más compactos se utilizan técnicas de percusión o roto-percusión. Estas operaciones se llevan a cabo con una sarta de perforación que puede consistir en tubos lisos, hélices continuas o autoperforantes acoplados. En terrenos más firmes, también se pueden incorporar martillos de fondo.

La elección de la técnica está influenciada por la presencia de agua y la consistencia o disgregación del terreno. En casos donde se enfrenta a terrenos difíciles, es común emplear un encamisado (entubado) parcial o total del orificio de perforación. La utilización de revestimiento o encamisado minimiza el impacto en el terreno al limitar la deformación y los desprendimientos del suelo.

Los diámetros mínimos sugeridos por (Dirección General de Carreteras, 2004), para anclajes permanentes tipo barra con inyección única global, se presentan en la tabla 17.

Tabla 17

Diámetros mínimos de perforación

Diámetro de la barra [mm]	Diámetro mínimo exterior de la entubación (sin empalmes) [mm]	Diámetro mínimo de la perforación no entubada [mm]
≤ 25	114	85
25 - 40	133	105

Nota. Los valores mínimos del diámetro de perforación dependiendo del diámetro del anclaje Fuente: AASHTO, 2017

5.4.5.4 Instalación

Una vez completada la perforación y la limpieza del taladro, se procede de inmediato a la inserción de la barra de anclaje, asegurándose de que alcance su posición

sin dificultades. Aunque la introducción de la barra es una operación relativamente sencilla, se lleva a cabo de manera gradual y continua, conectando las secciones y accesorios conforme se va insertando el tirante. En casos donde se utilicen anclas de gran capacidad, podría ser necesario utilizar equipos de elevación debido a su peso, como se ilustra en la figura 27.

Figura 27

Equipos de elevación



Nota: Se muestra un detalle del uso de un elevador para realizar la perforación y la instalación de anclajes Fuente: www.shotcretechile.cl

5.4.5.5 Inyección

La inyección del anclaje se llevará a cabo tan pronto como se haya completado la perforación. La inyección global única (IU) se realizará desde el fondo hacia la boca de la perforación, a excepción de los anclajes ascendentes, donde se realizará en sentido inverso mediante un tubo de purga que llegue hasta el fondo del taladro. Este proceso se mantendrá de manera continua hasta que la lechada que desborde por la boca o el tubo de purga tenga las mismas características (en términos de color y consistencia) que la lechada inyectada inicialmente. Durante todo el proceso, es crucial que el extremo del dispositivo de inyección permanezca sumergido de manera constante en la lechada.

En caso de que las pérdidas de inyección sean significativas, entendidas como

aquellas que superan tres veces el volumen teórico a baja presión, y con el objetivo de asegurar la correcta formación del bulbo, es necesario realizar un análisis detenido basado en la información proporcionada en el parte de perforación y en las observaciones realizadas durante el proceso. En situaciones que lo requieran, se llevará a cabo una inyección preliminar.

La evaluación de la perforación considerará la magnitud de las pérdidas de fluido identificadas y sus posibles causas. Se pueden realizar pruebas, como la inyección de agua bajo carga variable en rocas, pruebas de pérdida de lechada sin presión (rellenando continuamente el taladro) o inyecciones a presión (midiendo las pérdidas en la zona de bulbo, utilizando obturadores y tubos manguito).

La inyección preliminar implica llenar completamente el taladro con una lechada o mortero de cemento, y puede requerir repetirse varias veces según la permeabilidad del terreno. Después de cada inyección, se realizará una inspección para evaluar el estado del taladro.

Un resumen de los requerimientos más importantes de las diferentes normas en cuanto a inyección es presentado en la tabla 18, a continuación:

Tabla 18

Requerimientos de inyección según diferentes normativas

Norma Recomendación	Clasificación
PTI	La mezcla debe ser bombeable y tener una resistencia de 21 MPa al momento del tensado. El tipo de cemento debe considerar la existencia de sustancias agresivas.
TA 95	Seleccionar el tipo de cemento de acuerdo con la agresividad del terreno hacia el cemento y del cemento y del cemento para con el torón.
TA 2020	Inyección única global se la pueda realizar en una sola pasada y/o más etapas de una sola fase.
DIN 4125	La relación agua cemento debe estar entre 0,35 y 0,70, manteniéndola lo más baja posible.

EN 1537	Se debe colocar tan pronto termine la perforación. Inyectar desde el fondo hasta que la consistencia del "grout" saliente sea igual a la del inyectado.
NBR 5629	La resistencia de la lechada a los 28 días debe superar los 25 MPa.

Nota. Se recomienda la inyección lo más pronto posible a la instalación. Fuente: AASHTO, 2017

5.4.5.6 Tensado del anclaje

La aplicación de carga es un requisito esencial para cumplir con las funciones establecidas en la Norma europea UNE-EN 1537 (2015), que incluyen: a) verificar y registrar el comportamiento de un anclaje bajo tensión, y b) someter el tendón a tensión y anclarlo a su carga de bloqueo. Las anclas se tensionan con el propósito de aplicar la carga necesaria para restringir los movimientos del terreno. Durante el proceso de tensado, se mide la elongación de la barra para cada incremento de carga, con el objetivo de entender el comportamiento esfuerzo-deformación. La información obtenida permite confirmar la capacidad del anclaje para soportar su carga de trabajo con un factor de seguridad específico.

5.4.5.7 Equipo de tensado.

Además de los métodos mencionados para aplicar tensión a la barra, es importante destacar que el uso de un gato hidráulico hueco con una bomba manual equipada con un manómetro de presión es una práctica estándar en la industria. Para anclas destinadas a roca (rockbolts), la llave de torque es una herramienta comúnmente empleada para lograr la tensión adecuada. En contraste, cuando se trata de anclas diseñadas para suelo, la utilización de un gato hidráulico, como se visualiza en la figura 28, es la opción más habitual.

Figura 28

Tipo de tensado

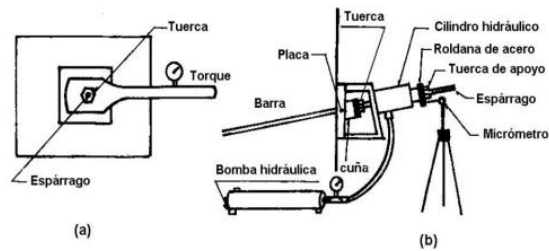


Figura 46. Aplicación de tensión con a) torquímetro b) gato hidráulico.
Fuente: (Monroy, R. 2007). Anclaje en suelos (pág. 204).

Nota. Aplicación de tensión mediante torquímetro o gato hidráulico. Fuente: Anclaje en suelos.

Durante el proceso de prueba, la medición precisa de la elongación del tendón se lleva a cabo mediante un micrómetro o un calibrador. En el caso específico de anclas de barra, la incorporación de una silla que descansa sobre la placa de soporte facilita la realización de la prueba con la tuerca ya posicionada, permitiendo un acceso cómodo para la transferencia de carga. Estos métodos garantizan una aplicación controlada de tensión, lo que es esencial para evaluar la capacidad y la integridad de las anclas en diversas condiciones de suelo y roca.

De las recomendaciones (Dirección General de Carreteras, 2004) y (Norma europea UNE-EN 1537, 2015) para el tensado de anclajes se puede citar:

- Es esencial realizar el calibrado de los equipos al menos cada seis meses.
- La carga de los anclajes se aplica de manera alternativa para evitar una concentración excesiva de cargas sobre la pantalla.
- En situaciones que lo requieran, se puede construir una viga de reparto para contrarrestar esfuerzos de flexión excesivos.

- Los métodos utilizados para el tensado y el registro de la carga de tensión deben ser detallados y documentados en un registro.
- En suelos cohesivos sensibles, se recomienda esperar un tiempo mínimo entre la instalación del anclaje y la realización de la prueba de tensado para permitir que el suelo recupere sus características.

5.5 Verificación del factor de seguridad

Luego de efectuar los cálculos para evaluar diversas alternativas destinadas a mejorar la estabilidad del talud y proporcionar protección contra la erosión y el desprendimiento de material, se procede a introducir los datos en nuestros modelos diseñados mediante los programas PLAXIS LE y SLIDE3. Esta fase de verificación es esencial para asegurar que se cumplan las condiciones mínimas de factor de seguridad tanto en situaciones estáticas como pseudoestáticas. La utilización de estos programas especializados nos permite realizar un análisis detallado y preciso, respaldando la toma de decisiones y garantizando la eficacia de las soluciones propuestas para la estabilidad del talud y la mitigación de riesgos asociados.

5.5.1 Verificación del FS en PLAXIS LE

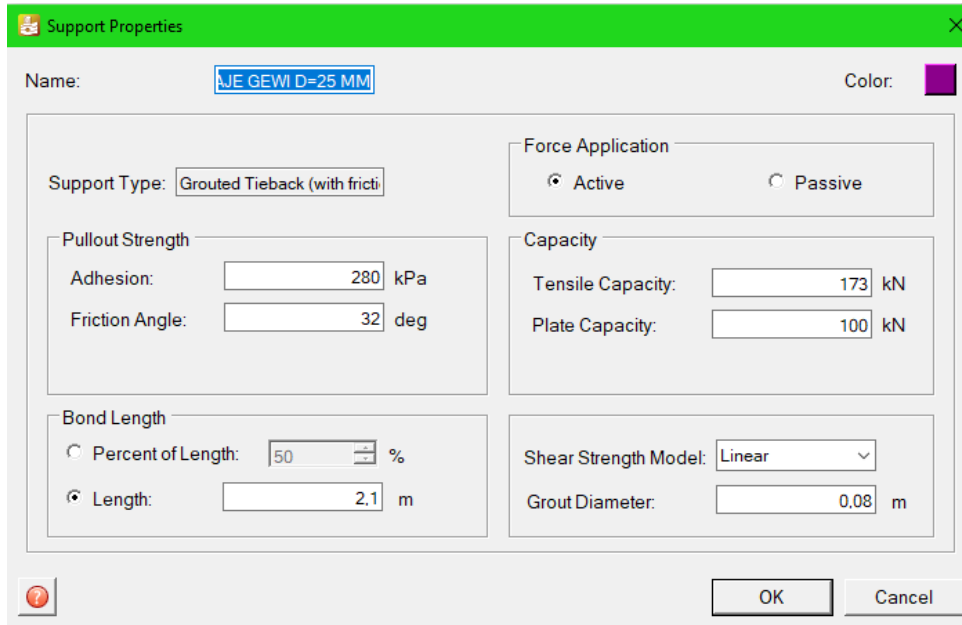
Aunque en nuestro modelo inicial creado en este programa, el factor de seguridad cumple con las condiciones mínimas, llevamos a cabo un análisis para determinar en qué medida se mejora dicho factor al implementar las estructuras de estabilización y protección en el talud de la calle Julio Ramos. Este enfoque nos permite no solo validar la efectividad de las medidas propuestas, sino también cuantificar la mejora en la estabilidad del talud, brindando una evaluación más detallada de los beneficios que aportarán estas intervenciones al proyecto.

A continuación, mostramos los resultados del análisis de estabilidad, en este caso

analizamos en condiciones estáticas.

Figura 29

Definición del anclaje y sus propiedades

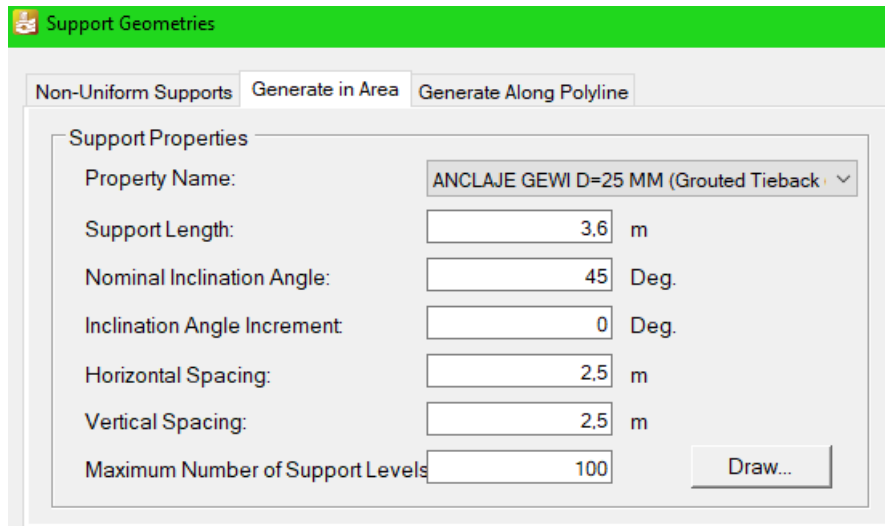


Nota. Se define el anclaje y sus propiedades. Elaborado por: Autor a través de

PLAXIS LE

Figura 30

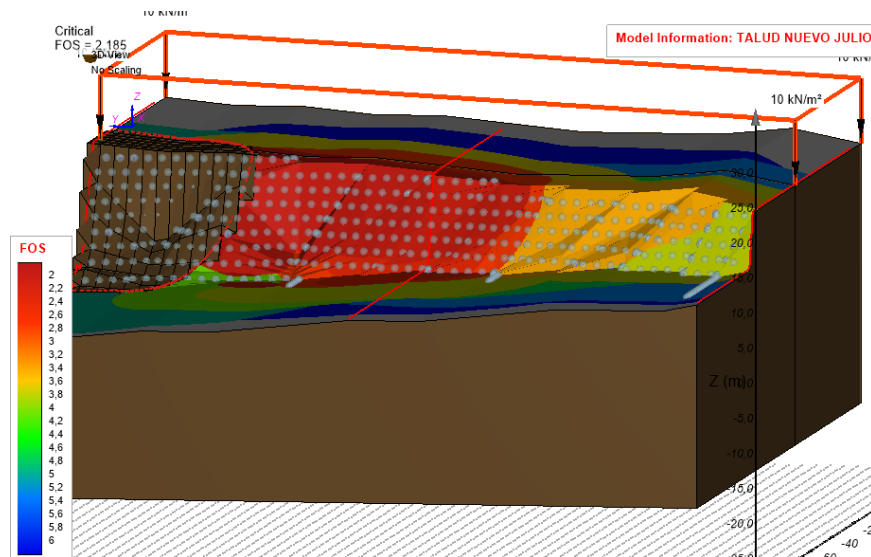
Definición de la separación y profundidad del anclaje



Nota. Se define la separación y profundidad del anclaje. Elaborado por: Autor a través de PLAXIS LE

Figura 31

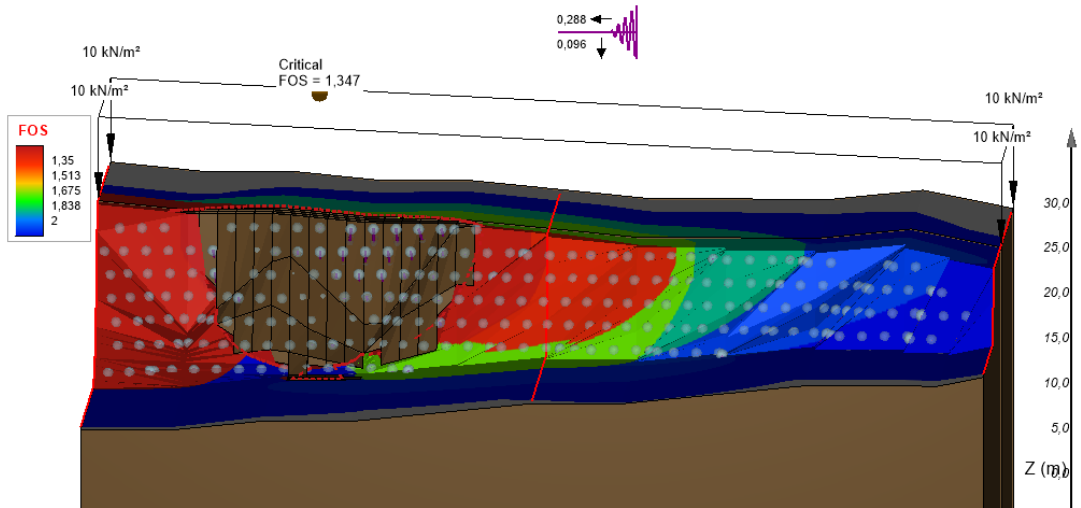
Resultados del análisis estático incluyendo anclajes



Nota. Valores del Factor de seguridad en el análisis estático incluyendo los anclajes. Elaborado por: Autor a través de PLAXIS LE

Figura 32

Resultados del análisis pseudoestático incluyendo anclajes



Nota. Valores del Factor de seguridad en el análisis pseudoestático incluyendo los anclajes. Elaborado por: Autor a través de PLAXIS LE

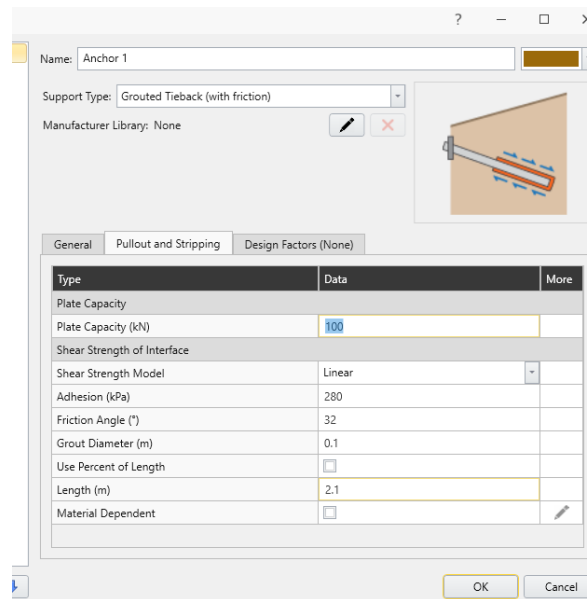
5.5.2 Verificación del FS en SLIDE3

En nuestro modelo inicial creado en este programa, el factor de seguridad no cumple con las condiciones mínimas, llevamos a cabo un análisis para determinar en qué medida se mejora dicho factor al implementar las estructuras de estabilización y protección en el talud de la calle Julio Ramos. Este enfoque nos permite no solo validar la efectividad de las medidas propuestas, sino también cuantificar la mejora en la estabilidad del talud, brindando una evaluación más detallada de los beneficios que aportarán estas intervenciones al proyecto.

A continuación, mostramos los resultados del análisis de estabilidad, en este caso analizamos en condiciones estáticas.

Figura 33

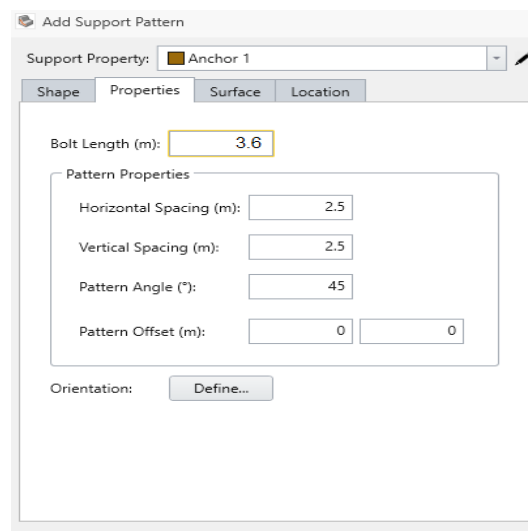
Definición del anclaje y sus propiedades



Nota. Se define el anclaje y sus propiedades. Elaborado por: Autor a través de SLIDE3

Figura 34

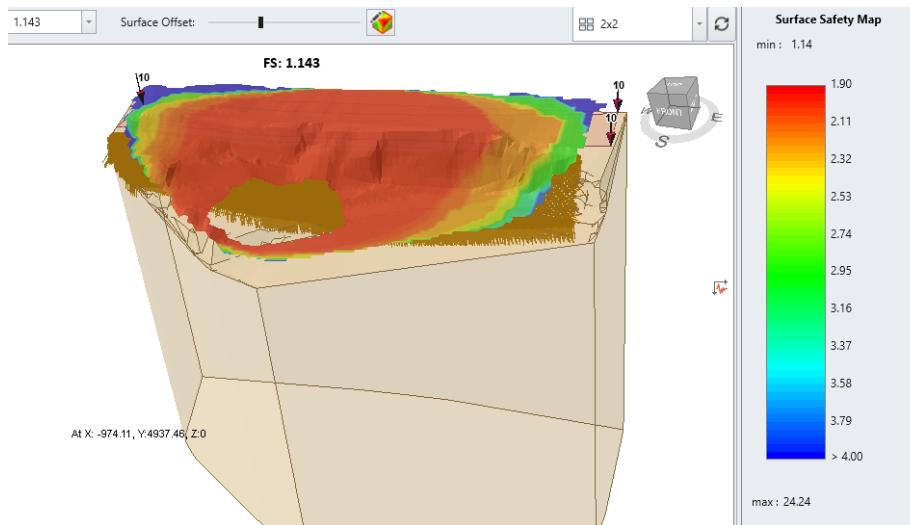
Definición de la separación y profundidad del anclaje



Nota. Se define la separación y profundidad del anclaje. Elaborado por: Autor a través de SLIDE3

Figura 35

Resultados del análisis pseudoestático incluyendo anclajes



Nota. Valores del Factor de seguridad en el análisis pseudoestático incluyendo los anclajes. Elaborado por: Autor a través de SLIDE3

5.6 Presupuesto general

5.6.1 Propuesta 1

Se presenta el presupuesto referencial de la propuesta para la protección y estabilización de los taludes mediante el uso de anclajes conjuntamente con la implementación de una malla de triple torsión, este sistema nos ayudara a mejorar el factor de seguridad y evitar el deterioro del talud contrarrestando los efectos de erosión por factores externos.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U	PRECIO TOTAL
OBRAS PRELIMINARES					
1	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO, Retiro de capa vegetal,	m ²	1425	\$0,90	\$1.282,50
2	REPLANTEO MANUAL PARA EDIFICACIONES,	m ²	1425	\$0,91	\$1.296,75
3	DESBROCE MANUAL DE LA CAPA VEGETAL	m	1425	\$0,86	\$1.225,50
RECUPERACIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUD					
4	EXCAVACIÓN CON RETROEXCAVADORA h=0,00-8,00m, Altura de 0,00m a 8,00m. Incluye desalojo o apilamiento a 25m.	m ³	356	25	\$8.900,00
5	ANCLAJE TIPO GEWID=20 mm	m	706,8	\$83,43	\$58.968,32
6	MALLA DE TRIPLE TORSIÓN	m ²	1425	\$11,18	\$15.931,50
				TOTAL	\$87.604,57

5.6.2 Propuesta 2

Se presenta el presupuesto referencial de la propuesta para la protección y estabilización de los taludes mediante el uso de anclajes conjuntamente con la proyección de hormigón al talud, este sistema nos ayudara a mejorar el factor de seguridad y evitar el deterioro del talud contrarrestando los efectos de erosión por factores externos.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U	PRECIO TOTAL
OBRAS PRELIMINARES					
1	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO, Retiro de capa vegetal,	m ²	1425	\$0,90	\$1.282,50
2	REPLANTEO MANUAL PARA EDIFICACIONES,	m ²	1425	\$0,91	\$1.296,75
3	DESBROCE MANUAL DE LA CAPA VEGETAL	m	1425	\$0,86	\$1.225,50
RECUPERACIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUD CON HORMIGÓN PROYECTADO					
4	EXCAVACIÓN CON RETROEXCAVADORA h=0,00-8,00m. Altura de 0,00m a 8,00m. Incluye desalajo o apilamiento a 25m.	m ³	356	\$25	\$8.900,00
5	ANCLAJE TIPO GEWID=20 mm	m	706,8	\$83,43	\$58.968,32
6	HORMIGÓN PROYECTADO	m ²	1425	\$41,45	\$59.066,25
7	MALLA ELECTRO SOLDADA	m ²	1425	\$10,00	\$14.250,00
				TOTAL	\$130.739,32

5.7 PROPUESTA ESTRUCTURAL DEFINITIVA

Tras realizar el análisis de estabilidad y evaluar los costos asociados, se ha definido la estructura de protección definitiva para los taludes de la calle Julio Ramos. Esta solución incluye una malla de acero de triple torsión, diseñada para prevenir el deterioro del talud causado por la erosión, evitar el desprendimiento de material y facilitar la revegetación. Además, se ha planificado la instalación de anclajes activos con una profundidad de 2 metros y una separación de 2,5 metros para mejorar la estabilidad frente a diversas sollicitaciones. Los detalles y disposición de estos elementos se encuentran detallados en los planos adjuntos (Anexo 6), que abarcan la implantación general del proyecto, secciones transversales, detalles constructivos de los anclajes y una vista en 3D del conjunto.

CONCLUSIONES

En base a la recopilación de información topográfica y geológica del sector, solicitamos la colaboración de la EPMMOP, la cual nos proporcionó todos los estudios necesarios para el desarrollo de este proyecto, en consecuencia, estos estudios incluyen la topografía del sitio, resultados de ensayos SPT, triaxial y granulometría de los cuales se obtuvo la geometría del talud y los parámetros de resistencia al corte.

Para desarrollar una estructura de contención para los taludes de la calle Julio Ramos fue necesario realizar un análisis de estabilidad en programas computacionales para calcular el factor de seguridad, se utilizó los softwares PLAXIS LE y SLIDE3, del análisis del modelo suelo en el programa SLIDE3, observamos que factor de seguridad en condiciones estáticas es 1,327, mientras que en condiciones pseudoestáticas es de 0,967. Por lo podemos concluir que el talud es inestable ya que no satisface los valores mínimos de factor de seguridad establecidos por la normativa NEC15.

En relación con los modelos, en el programa PLAXIS LE se obtuvo un valor de $FS=1,7$ en condiciones estáticas y un $FS= 1,275$ en condiciones pseudoestáticas, existiendo una disparidad en los valores del factor de seguridad entre ambos programas, esta discrepancia surge debido al método de introducción de la geometría. En PLAXIS LE, ingresamos a través de coordenadas, y el programa carece de una opción para la triangulación de puntos. En contraste, SLIDE3 importa archivos DXF, lo que significa que crea la geometría directamente a partir del levantamiento topográfico. Por consiguiente, los valores calculados por SLIDE3 tienden a aproximarse más a la realidad.

Del análisis de estabilidad del modelo suelo en SLIDE3, se concluye que es imperativo implementar una estructura de estabilización y adoptar medidas de protección adicionales. Estas medidas son necesarias para mejorar el factor de seguridad, contrarrestar el deterioro del talud y garantizar la seguridad vial.

Después de evaluar las condiciones geométricas y topográficas del talud llegamos a la determinación que la opción más idónea para aplicar en el talud y que ayude a mejorar el factor de seguridad es la implementación de anclajes permanentes en combinación con otro sistema de protección.

Realizando el análisis de precios unitarios de las alternativas de protección, el hormigón proyectado emerge como la alternativa de más costo en comparación con la opción de la malla de triple torsión y la geomalla en conjunto con anclajes.

RECOMENDACIONES

Se sugiere llevar a cabo el estudio topográfico con una precisión tal que permita la captura exhaustiva de todos los detalles del terreno, asegurando que estos se reflejen de manera completa en papel. La utilización de equipos dotados con tecnologías actuales y de alta precisión se presenta como un factor clave para obtener resultados más cercanos a la realidad

Para llevar a cabo un análisis de estabilidad en software, se aconseja modelar el suelo de manera que refleje fielmente las condiciones reales. En el caso específico de PLAXIS LE, se recomienda proporcionar una mayor cantidad de datos de coordenadas con intervalos más estrechos. Este enfoque tiene como objetivo reducir posibles errores en la generación de superficies, permitiendo así obtener resultados más precisos.

Se recomienda realizar los ensayos pertinentes a los anclajes con el objetivo de garantizar su funcionalidad y evaluar su desempeño en condiciones específicas. Estos ensayos pueden incluir pruebas de carga estática, tracción, arranque, carga dinámica, y, en casos de anclajes en suelos saturados, pruebas de presión de agua. La realización de estas pruebas proporcionará información esencial sobre la capacidad de carga, resistencia, y comportamiento del anclaje ante diversas condiciones.

Además, se aconseja llevar a cabo una inspección visual regular y monitorear las posibles deformaciones a lo largo del tiempo mediante instrumentación adecuada. Este enfoque integral permitirá detectar cualquier signo de deterioro, desplazamiento o fallo del anclaje, contribuyendo así a la seguridad y estabilidad de las estructuras geotécnicas. La selección y adaptación de los ensayos deben ajustarse a las condiciones específicas del sitio y a los requisitos del proyecto para asegurar resultados precisos y relevantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bentley Systems (1987). PLAXIS LE (Versión V20.1) [software]
Recuperado de: <https://es-la.bentley.com/>
- Rocscience (2017). SLIDE 3 (Versión 3.023) [software]
Recuperado de: <https://www.rocscience.com/software>
- AENOR. (2015). *Ejecución de trabajos geotécnicos especiales* (Norma Europea UNE-EN 1537). Madrid.
- Asociación de Carreteras del Japón, (1984). *Manual De Protección De Taludes*. Masonic 39 Mori Building
- Barros, J. (2005). *Muros de Contención*. Editorial CEAC.
- Bavaresco, A. (2013) *Proceso Metodológico en la Investigación (6ta ed.)*. Imprenta Internacional.
- Borja, M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica*. https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil
- Hernández, S y Fernández, C. (2003). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana.
- Huapaya, C. y Ginoccho, Juan. (2018). *Guía de Investigación en Ciencias e Ingeniería Civil*.
- Martín, J. (2006). *Ingeniería de Ríos*. Ediciones UPC.
- Nieto, E. (s.f.). *Tipos de investigación*. <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>
- Rey, A.(s.f.). *Hormigón Proyectado*. <https://www.concretonline.com/images/pdf/hormigon/articulos/sika05.pdf>
- Sánchez, A. (2018). *Proyecto de Protección de Taludes*.

- Suarez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Ediciones UIS
- Suarez, J. (2009). *Deslizamientos: Análisis Geotécnico*. Ediciones UIS
- Ucar, R. (2002). *Manual de Anclajes en Obras de Tierras*. http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/manual_anclaje/pdf/librocompleto.pdf
- Brown, J. Mc Cormac y Russell H. (2011). *Diseño de Concreto Reforzado*. Alfaomega Grupo Editor
- Sanhueza, C y Rodríguez L. (2013, abril) Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. *Revista de la Construcción*, 12(1), 1. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_serial&pid=0718-915X&lng=es&nrm=iso
- Luis Núñez, J., Meneses. (2022). *Análisis dinámico no lineal de un puente colgante vehicular tipo de 100 metros de longitud ante cargas sísmicas y de viento, según AASHTO LRFD 2017 Y NEC 2015* [Tesis de maestría, Universidad Técnica De Ambato] <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/36516>
- Officials, American Association of State Highway and transportation, *AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS*, Washington DC: AASHTO, 2017.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *Guía de Concreto Lanzado*. ACI 506R. 1995.
- Conceptual Soils Nail Behavior (Byrne et al., 1998) • • • (s. f.). ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Conceptual-soils-nail-behavior-Byrne-et-al-1998-Construction-of-soil-nailing_fig1_325119730
- Hernández Sampieri, Roberto, Baptista Lucio, Pilar y Fernández-Collado, Carlos. *Metodología de la investigación*. 5ª Ed. México, McGraw-Hill, 2010.
- Kosmatka, S. (1991). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. IMCYC.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). *Norma ecuatoriana de la*

construcción. NEC -SE - GC. Ecuador: Dirección de comunicación social.
MIDUVI.

Ministerio de Fomento. (1996). *Recomendaciones para el proyecto, construcción y control de anclajes al terreno* H.P.8-96. Madrid

ANEXOS

ANEXO1: ESTADO ACTUAL DE LOS TALUDES



Nota: vista general desde la corona de los taludes de la calle Julio Ramos

Nota: Elementos de protección implementados por moradores de las viviendas sobre el talud para evitar deslizamientos de material





Nota: Vista frontal de la zona más crítica de los taludes



Nota: Formación de pequeños bloques y fisuras por el efecto de erosión del suelo



Nota: Formación de pequeños bloques y fisuras por el efecto de erosión del suelo



Nota: Bloques de suelo desprendidos del talud



Nota: Vivienda deshabitada por el peligro inminente de colapso del talud



Nota: Vista general desde la base de los taludes de la calle Julio Ramos



Nota: Vegetación presente sobre la cara del talud



Nota: Vegetación presente sobre la cara del talud

ANEXO 2: RESULTADOS ENSAYO SPT

PROFUNDIDAD (m)		"N" VALOR OBTENIDO EN EL CAMPO GOLPES PARA PENETRAR			N (SPT)	OBSERVACIONES
		15 (cm)	30 (cm)	45 (cm)		
0.00 a -0.50	0.50	LIMPIEZA CAPA VEGETAL				
- 0.50 a -1.00	0.50	13	15	20	35	caso de frontera ya que se encuentra sobre los límites de los signos. Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas, arcillosas o limosas, limos arcillosos. Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas (CL-ML)
	1.00	18	21	17	38	
- 1.50 a -2.00	1.50	9	8	34	42	
	2.00	16	22	24	46	
-2.50 a -3.00	2.50	22	25	23	48	Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas; color café claro; medianamente húmedas, compacidad media (ML).
	3.00	25	27	30	57	
-3.50 a -4.00	3.50	29	31	36	67	
	4.00	49	50	50	100	
-4.50 a -5.00	4.50	35	45	47	92	Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas; color café claro; medianamente húmedas, compacidad media (ML).
	5.00	38	40	45	85	
-5.50 a -6.00	5.50	36	38	40	78	
	6.00	31	27	35	62	
-6.50 a -7.00	6.50	36	37	39	76	Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas; color café claro; medianamente húmedas, compacidad media (ML).
	7.00	32	48	45	93	
-7.50 a -8.00	7.50	42	39	47	86	
	8.00	35	37	34	71	
-8.50 a -9.00	8.50	35	38	36	74	Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas; color café claro; medianamente húmedas, compacidad media (ML).
	9.00	37	32	36	68	
-9.50 a -10.00	9.50	38	38	41	79	
	10.00	39	42	41	83	
-10.50 a -11.00	10.50	38	39	40	79	Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas; color café claro; medianamente húmedas, compacidad media (ML).
	11.00	32	38	37	75	
-11.50 a -12.00	11.50	9	10	62	72	
	12.00	38	41	37	78	
-12.50 a -13.00	12.50	42	44	39	83	Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas; color café claro; medianamente húmedas, compacidad media (ML).
	13.00	37	39	42	81	
-13.50 a -14.00	13.50	36	35	40	75	
	14.00	41	38	40	78	
-14.50 a -15.00	14.50	38	40	43	83	Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas; color café claro; medianamente húmedas, compacidad media (ML).
	15.00	41	39	40	79	

INFORMACIÓN GENERAL														
REGISTRO DE LABORATORIO				INFORMACIÓN DEL PROYECTO						CORRELACIONES UTILIZADAS				
TIPO DE MUESTRA:		SPT		PROYECTO:		ESTABILIZACIÓN DE TALUD				CN: Formula de Peck				
INFORME No.		863								q adm: Formula de Meyerhof				
PERFORACIÓN/MUESTRA:		P-1		CONSULTOR		EMPRESA PUBLICA METROPOLITANA DE MOVILIDAD Y OBRAS PUBLICAS				φ: Peck, Hanson, Thornburn				
N° PREDIAL:		0		ENSAYADO		TGNL DARWIN CADENA				Kb : Coeficiente de balasto, Bowles				
CLAVE CATASTRAL:		0		CALCULADO		ING SANTIAGO CEVALLOS				C' : Cohesión efectiva, Terzaghi				
Nivel de Cimentación (m)	Profundidad (m)	N SPT (golpes)	Peso específico (kN/m ³)	Presión de Sobrecarga (kN/m ²)	CN	Ncorr (golpes)	S (mm)	B (m)	Capacidad Admisible del Suelo (kN/m ²)	Capacidad Admisible del Suelo (T/m ²)	φ (grados)	Kb (ton/m ³)	C' (kg/cm ²)	Vs (m/s)
0.00 a -0.50	0.50	LIMPIEZA CAPA VEGETAL												
- 0.50 a -1.00	0.50	35	19.60	4.90	0.75	26	25.4	2.5	261.50	26.68	35	3,202.01	0.89	252.90
	1.00	38	19.60	9.80	0.75	29	25.4	2.5	291.67	29.76	35	3,571.48	0.99	259.43

- 1.50 a -2.00	1.50	42	19.60	14.70	0.75	32	25.4	2.5	321.84	32.84	36	3,940.94	1.09	267.60
	2.00	46	19.60	19.60	0.75	35	25.4	2.5	352.02	35.92	37	4,310.40	1.20	275.25
-2.50 a -3.00	2.50	48	19.60	24.50	0.75	36	25.4	2.5	362.07	36.95	37	4,433.56	1.23	278.91
	3.00	57	19.60	29.40	1.06	60	25.4	2.5	603.46	61.58	43	7,389.26	2.05	294.17
-3.50 a -4.00	3.50	67	19.60	34.30	1.02	68	25.4	2.5	683.92	69.79	45	8,374.50	2.33	309.29
	4.00	100	19.60	39.20	0.99	99	25.4	2.5	995.70	101.60	52	12,192.28	3.39	350.17
-3.50 a -4.00	4.50	92	19.60	44.10	0.96	88	25.4	2.5	885.07	90.31	49	10,837.59	3.01	341.23
	5.00	85	19.60	49.00	0.93	79	25.4	2.5	794.55	81.08	47	9,729.20	2.70	332.97
-3.50 a -4.00	5.50	78	19.60	53.90	0.91	71	25.4	2.5	714.09	72.87	46	8,743.96	2.43	324.21
	6.00	62	19.60	58.80	0.88	55	25.4	2.5	553.17	56.45	42	6,773.49	1.88	301.94
-3.50 a -4.00	6.50	76	19.60	63.70	0.86	66	25.4	2.5	663.80	67.73	45	8,128.19	2.26	321.61
	7.00	93	19.60	68.60	0.85	79	25.4	2.5	794.55	81.08	47	9,729.20	2.70	342.38
-3.50 a -4.00	7.50	86	19.60	73.50	0.83	71	25.4	2.5	714.09	72.87	46	8,743.96	2.43	334.17
	8.00	71	19.60	78.40	0.81	58	25.4	2.5	583.34	59.52	43	7,142.95	1.98	314.90
-3.50 a -4.00	8.50	74	19.60	83.30	0.80	59	25.4	2.5	593.40	60.55	43	7,266.11	2.02	318.96
	9.00	68	19.60	88.20	0.78	53	25.4	2.5	533.05	54.39	41	6,527.18	1.81	310.71
-3.50 a -4.00	9.50	79	19.60	93.10	0.77	61	25.4	2.5	613.51	62.60	43	7,512.42	2.09	325.49
	10.00	83	19.60	98.00	0.76	63	25.4	2.5	633.63	64.66	44	7,758.73	2.16	330.52
-3.50 a -4.00	10.50	79	19.60	102.90	0.74	59	25.4	2.5	593.40	60.55	43	7,266.11	2.02	325.49
	11.00	75	19.60	107.80	0.73	55	25.4	2.5	553.17	56.45	42	6,773.49	1.88	320.29
-3.50 a -4.00	11.50	72	19.60	112.70	0.72	52	25.4	2.5	523.00	53.37	41	6,404.03	1.78	316.27
	12.00	78	19.60	117.60	0.71	55	25.4	2.5	553.17	56.45	42	6,773.49	1.88	324.21
-3.50 a -4.00	12.50	83	19.60	122.50	0.70	58	25.4	2.5	583.34	59.52	43	7,142.95	1.98	330.52
	13.00	81	19.60	127.40	0.69	56	25.4	2.5	563.23	57.47	42	6,896.65	1.92	328.03
-3.50 a -4.00	13.50	75	19.60	132.30	0.68	51	25.4	2.5	512.94	52.34	41	6,280.87	1.74	320.29
	14.00	78	19.60	137.20	0.67	52	25.4	2.5	523.00	53.37	41	6,404.03	1.78	324.21
-3.50 a -4.00	14.50	83	19.60	142.10	0.66	55	25.4	2.5	553.17	56.45	42	6,773.49	1.88	330.52
	15.00	79	19.60	147.00	0.65	52	25.4	2.5	523.00	53.37	41	6,404.03	1.78	325.49

De (m)	NF	S (mm)	Ncorr (golpes)	B (m)	Sin NF	Con NF	Sin NF	Con NF	Carga Máxima Admisible		
					q adm (kN/m ²)	q adm (kN/m ²)	q adm (ton/m ²)	q adm (ton/m ²)	Q adm (kN)	Q adm (ton)	
<p>Base de la Zapata (m)</p>	NO	25.4	32	0.00	383.36		39.12		0.00	0.00	
				1.00	383.36		39.12		383.36	39.12	
				2.00	339.57		34.65		1358.29	138.60	
				3.00	310.29		31.66		2792.59	284.96	
				4.00	296.14		30.22		4738.26	483.50	
				5.00	287.81		29.37		7195.28	734.21	
				6.00	282.32		28.81		10163.66	1037.11	
				7.00	278.44		28.41		13643.40	1392.18	
				8.00	275.54		28.12		17634.51	1799.44	
Df (m)	NF	S (mm)	Ncorr (golpes)	B (m)	Sin NF	Con NF	Sin NF	Con NF	Carga Máxima Admisible		
					q adm (kN/m ²)	q adm (kN/m ²)	q adm (ton/m ²)	q adm (ton/m ²)	Q adm (kN)	Q adm (ton)	
<p>Base de la Zapata (m)</p>	NO	25.4	36	0.00	431.28		44.01		0.00	0.00	
				1.00	431.28		44.01		431.28	44.01	
				2.00	382.02		38.98		1528.08	155.93	
				3.00	349.07		35.62		3141.67	320.58	
				4.00	333.16		34.00		5330.54	543.93	
				5.00	323.79		33.04		8094.69	825.99	
				6.00	317.61		32.41		11434.12	1166.75	
				7.00	313.24		31.96		15348.83	1566.21	
				8.00	309.98		31.63		19838.82	2024.37	
Df (m)	NF	S (mm)	Ncorr (golpes)	B (m)	Sin NF	Con NF	Sin NF	Con NF	Carga Máxima Admisible		
					q adm (kN/m ²)	q adm (kN/m ²)	q adm (ton/m ²)	q adm (ton/m ²)	Q adm (kN)	Q adm (ton)	
<p>Base de la Zapata (m)</p>	SI	25.4	68	0.00	814.64		83.13		0.00	0.00	
				1.00	814.64		83.13		814.64	83.13	
				2.00	721.59		73.63		2886.37	294.53	
				3.00	659.36		67.28		5934.26	605.54	
				4.00	629.30		64.21		10068.79	1027.43	
				5.00	611.60		62.41		15289.97	1560.20	
				6.00	599.94		61.22		21597.78	2203.85	
				7.00	591.68		60.38		28992.23	2958.39	
				8.00	585.52		59.75		37473.32	3823.81	
NOMENCLATURA											
Conexión del N SPT	N SPT	Número de golpes de campo				Curva q adm vs. B	Df	Profundidad de Cimentación			
	CN	Factor de corrección del N SPT					Nf	Nivel freático			
	Ncorr	Número de golpes de corregido =N SPT*CN					B	Base de la zapata propuesta			
	S	Asentamiento máximo permitido = 25,4 mm					Q adm	Carga admisible del suelo			
	φ	Ángulo de fricción interna del suelo					q adm	Esfuerzo admisible del suelo			
	Kb	Coeficiente de balasto					Sin NF	Sin nivel freático			
	C'	Cohesión efectiva					Con NF	Con nivel freático			
	Vs	Velocidad de onda cortante promedio del suelo que sobreyace al semi espacio									

ANEXO 3: RESULTADOS ENSAYO DE CLASIFICACIÓN Y LIMITES

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: ESTABILIZACION DE TALUD
UBICACIÓN: Sector CALLE JULIO RAMOS – LA BOTA
SOLICITADO: EMPRESA PUBLICA METROPOLITANA DE MOBILIDAD Y OBRAS PUBLICAS

FECHA : 10 al 14 abril 2023
ENSAYADO: TGNL DARWIN CADENA
CALCULADO: ING SANTIAGO CEVALLOS
PROFUND: 0.50 a 2.00 m.

NORMAS ASTM D -2487 y D- 3282

	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONT AGUA	% HUMEDAD
CONTENIDO DE AGUA	-----	88.49	67.48	17.55	21.01	42.08%
		82.63	63.00		17.29	42.94%
				PROMEDIO		42.51%
LIMITE LIQUIDO	31.00	20.23	19.56	11.09	0.67	8.12%
	17.00	20.79	17.94	10.51	2.85	36.61%
	7.00	21.85	16.74	11.73	5.11	87.44%
				PROMEDIO		
LIMITE PLASTICO	-----	7.77	7.62	6.62	0.15	15.00%
		7.35	7.19	6.15	0.16	15.38%
		8.61	8.45	7.43	0.16	15.69%
				PROMEDIO		15.36%

GRANULOMETRIA			
		MASA SECA	497.30
TAMIZ	W.RET.	% RET	% PASA
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
No. 4	11	2	98
No. 10	85	17	83
No. 40	112	23	77
No. 200	209	42	58

CLASIFICACION	
GRAVA (%)	2
ARENA (%)	40
FINOS (%)	58
LL =	18.27%
LP =	15.36%
IP =	2.91%

CLASIFICACION:	
SUCS:	ML-CL
AASHTO:	A-4 , A-6
IG:	5

GRAFICO GRANULOMETRICO

Límite líquido

$y = -0.536 \ln(x) + 1.908$

Observaciones: | | | |

ENSAYADO
TM

MECANICA DE SUELOS

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: ESTABILIZACION DE TALUD
UBICACIÓN: Sector CALLE JULIO RAMOS – LA BOTA
SOLICITADO: EMPRESA PUBLICA METROPOLITANA DE MOBILIDAD Y OBRAS PUBLICAS
NORMAS: ASTM D -2487 y D- 3282

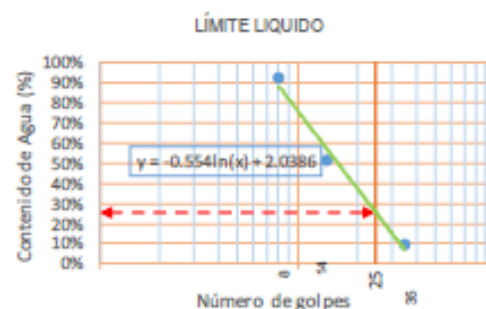
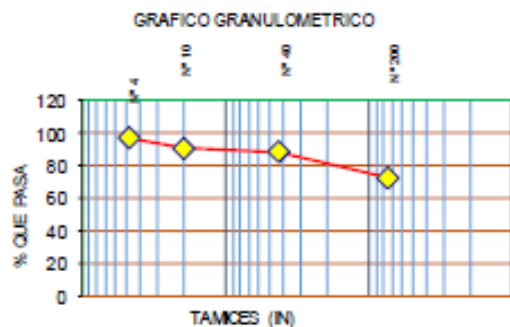
FECHA : 10 al 14 abril 2023
ENSAYADO: TGNL DARWIN CADENA
CALCULADO: ING SANTIAGO CEVALLOS
PROFUND: 6,00 a 11,00 m.

	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONT AGUA	% HUMEDAD
CONTENIDO DE AGUA	-----	128.87	115.15	18.12	13.72	14.14%
		130.78	120.02	22.94	10.76	11.08%
				PROMEDIO		12.61%
LIMITE LIQUIDO	35.00	19.87	19.08	10.16	0.79	9.22%
	14.00	21.01	17.98	12.46	3.03	51.17%
	8.00	20.05	15.30	10.83	4.75	92.58%
LIMITE PLASTICO	-----	7.32	7.13	6.06	0.19	17.76%
		6.89	6.71	5.64	0.18	16.82%
		7.63	7.43	6.36	0.20	18.69%
				PROMEDIO		17.76%

GRANULOMETRIA			
MASA SECA			385.00
TAMIZ	WRET.	% RET	% PASA
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
No. 4	12	3	97
No. 10	35	9	91
No. 40	45	12	88
No. 200	105	27	73

CLASIFICACION	
GRAVA (%)	3
ARENA (%)	24
FINOS (%)	73
LL =	25.53%
LP =	17.76%
IP =	7.78%


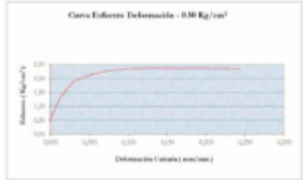
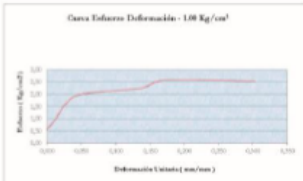
CLASIFICACION:	
SUCS :	ML
AASHTO:	A-4
IG:	8

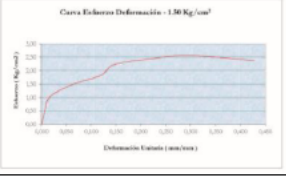
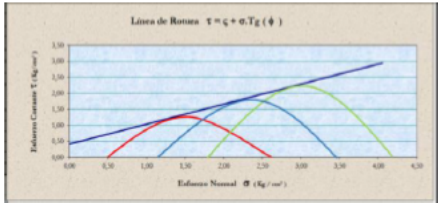


Observaciones: | | |

ENSAYADO

ANEXO 4: RESULTADOS ENSAYO TRIAXIAL

 LABORATORIO DE MATERIALES, ESTUDIOS, CONTROL DE CALIDAD, DISEÑOS DE HORMIGON, ASFALTO Y MECANICA DE SUELOS			
Proyecto:	Análisis del talud colindante con la calle Julio Ramos, sector La Bota	Fecha de muestreo:	17-May. - 2023
Consultor:	Ing. Santiago Cevallos Solicita Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas	Muestreado por:	Tec. Lab. Darwin Cadena
Ensayo:	ENSAYO TRIAXIAL	Elaborado por:	Tec. Lab. Darwin Cadena
Norma:	ASTM D 2850	Chequeado por:	Laboratorio de Mecánica de Suelos - LDMS
ENSAYO TRIAXIAL Ubicación: 0 Estrato: Bloque 1 Suelos Cohesivos de clasificación arena arcillosa Potencia: 1,5 m	Altura inicial de los hues Ho: 5,50 cm Diámetro de la muestra Do: 3,50 cm Área inicial de la muestra Ao: 9,62 cm ² Contenido de humedad W(%): 39,00 Observaciones: 0,55 Esfuerzo de falla: Sp 2,36 kg/cm ² Esfuerzo: S1 2,86 kg/cm ² Esfuerzo de ensayo: S3 0,50 kg/cm ² Origen: O1 1,68 kg/cm ² Radio: R1 1,18 kg/cm ²	Tiempo (minutos): 0,00 Carga (kg): 0,00 Esfuerzo (kg/cm ²): 0,00 Deformación (cm): 0,00 Área corregida (cm ²): 9,621 Deformación unitaria: 0,0000 Esfuerzo (kg/cm ²): 0,00 1,00 5,00 0,52 0,05 9,696 0,0077 1,03 2,00 10,00 1,04 0,09 9,802 0,0185 1,53 3,00 15,00 1,56 0,12 9,802 0,0385 2,00 4,00 20,00 2,08 0,25 10,006 0,0969 2,35 5,00 25,00 2,60 0,63 10,654 0,2446 2,36 6,00 30,00 3,12 1,59 12,737 7,00 35,00 3,64 1,97 13,808 8,00 40,00 4,16 2,78 16,811	
ENSAYO TRIAXIAL Ubicación: 0 Estrato: Bloque 1 Suelos Cohesivos de clasificación arena arcillosa Potencia: 1,5 m	Altura inicial de los hues Ho: 5,50 cm Diámetro de la muestra Do: 3,50 cm Área inicial de la muestra Ao: 9,62 cm ² Contenido de humedad W(%): 39,00 Observaciones: 0,75 Esfuerzo de falla: Sp 2,58 kg/cm ² Esfuerzo: S1 3,58 kg/cm ² Esfuerzo de ensayo: S3 1,00 kg/cm ² Origen: O1 2,29 kg/cm ² Radio: R1 1,29 kg/cm ²	Tiempo (minutos): 0,00 Carga (kg): 0,00 Esfuerzo (kg/cm ²): 0,00 Deformación (cm): 0,00 Área corregida (cm ²): 9,621 Deformación unitaria: 0,0000 Esfuerzo (kg/cm ²): 0,00 1,00 5,00 0,52 0,05 9,621 0,0000 0,52 2,00 10,00 1,04 0,09 9,756 0,0138 1,02 3,00 15,00 1,56 0,16 9,864 0,0246 1,52 4,00 20,00 2,08 0,31 10,103 0,0477 1,98 5,00 25,00 2,60 0,89 11,148 0,1369 2,24 6,00 30,00 3,12 1,12 11,634 0,1723 2,58 7,00 35,00 3,64 1,97 13,808 0,3031 2,54 8,00 40,00 4,16 2,78 16,811 0,4277 2,38	

ENSAYO TRIAXIAL Ubicación: Bloque 1 Estrato: Bloque 1 Suelos Cohesivos de clasificación arena arcillosa Potencia: 1,5 m	Altura inicial de los hues Ho: 5,50 cm Diámetro de la muestra Do: 3,50 cm Área inicial de la muestra Ao: 9,62 cm ² Contenido de humedad W(%): 39,00 Observaciones: 1,22 Esfuerzo de falla: Sp 2,56 kg/cm ² Esfuerzo: S1 4,26 kg/cm ² Esfuerzo de ensayo: S3 1,50 kg/cm ² Origen: O1 2,78 kg/cm ² Radio: R1 1,28 kg/cm ²	Tiempo (minutos): 0,00 Carga (kg): 0,00 Esfuerzo (kg/cm ²): 0,00 Deformación (cm): 0,00 Área corregida (cm ²): 9,621 Deformación unitaria: 0,0000 Esfuerzo (kg/cm ²): 0,00 1,00 5,00 0,52 0,05 9,696 0,0077 1,03 2,00 10,00 1,04 0,11 9,787 0,0169 1,02 3,00 15,00 1,56 0,39 10,235 0,0600 1,47 4,00 20,00 2,08 0,79 10,833 0,1290 1,83 5,00 25,00 2,60 0,95 11,268 0,1463 2,22 6,00 30,00 3,12 1,42 12,311 0,2183 2,44 7,00 35,00 3,64 1,93 13,684 0,2969 2,56 8,00 40,00 4,16 2,78 16,811 0,4277 2,38	
Proyecto: Factores de capacidad de carga: Datos del suelo: Capacidad de carga última en los diferentes elementos estructurales: Cimientos corridos: Zapatas cuadradas: Zapatas circulares: q adm = 7,95 kg/cm ² q adm = 9,54 kg/cm ² q adm = 10,47 kg/cm ²	Fuerza de atracción entre partículas: Cohesión V _f = 0,41 kg/cm ² Ángulo de fricción interna: F _i = 32,00 		

Variación de q			Variación de q			Variación de q		
11,25			11,25			11,25		
Origen: O1			Origen: O2			Origen: O3		
Radio: R1			Radio: R2			Radio: R3		
Q	X	Y	Q	X	Y	Q	X	Y
0	0,50	0,00	0	1,00	0,00	0	1,50	0,00
11,25	0,50	0,23	11,25	1,02	0,25	11,25	1,52	0,25
22,5	0,59	0,45	22,5	1,10	0,49	22,5	1,60	0,49
33,75	0,70	0,65	33,75	1,21	0,72	33,75	1,72	0,71
45	0,84	0,83	45	1,38	0,91	45	1,87	0,90
56,25	1,02	0,98	56,25	1,57	1,07	56,25	2,07	1,06
67,5	1,23	1,09	67,5	1,80	1,19	67,5	2,29	1,18
78,75	1,45	1,16	78,75	2,04	1,27	78,75	2,53	1,25
90	1,68	1,18	90	2,29	1,29	90	2,79	1,28
101,25	1,91	1,16	101,25	2,54	1,27	101,25	3,03	1,25
112,5	2,13	1,09	112,5	2,78	1,19	112,5	3,27	1,18
123,75	2,33	0,98	123,75	3,01	1,07	123,75	3,49	1,06
135	2,51	0,83	135	3,20	0,91	135	3,68	0,90
146,25	2,66	0,65	146,25	3,36	0,72	146,25	3,84	0,71
157,5	2,77	0,45	157,5	3,48	0,49	157,5	3,96	0,49
168,75	2,83	0,23	168,75	3,56	0,25	168,75	4,03	0,25
180	2,86	0,00	180	3,58	0,00	180	4,06	0,00

Puntos de la resta	
3	0,41
4,05	2,85

RESULTADOS OBTENIDOS	
Cohesión V _f	0,41 kg/cm ²
Ángulo de fricción interna F _i	32,00
Capacidad de densidad de suelo γ ₀	7,95 kg/cm ³
	2,13 kg/cm ³

Determination del Contenido de Agua	
Peso Suelo Húmedo + Cazueta:	190,56
Peso Suelo Seco + Cazueta:	158,96
Peso de la Cazueta:	57,23
Peso del Suelo Seco:	101,75
Peso del Agua:	31,68
% de Humedad:	31,04
Volumen de la muestra (cm ³):	62,54
Peso suelo húmedo (gr):	133,33
Peso suelo seco (gr):	101,75
Pesos Específicos	
Peso Espe. Húmedo, γ (gr/cm ³):	2,132
Peso Espe. Seco, γ _d (gr/cm ³):	1,627

ANEXO 5: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
INGENIERÍA CIVIL						
ANÁLISIS DE PRECIOS						
RUBRO No	GEOMALLA TIPO TRM				UNIDAD	m ²
DESCRIPCIÓN					RENDIMIENTO	0,16
EQUIPOS						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
T5	CANASTA. COLG. 2 POLEAS 0.8 x 3.0 h= 70 PISO MET. Y LÍNEA DE VID	1,0000	1,1200	1,1200	0,16667	0,1867
03	HERRAMIENTA MANUAL					0,2500
					SUBTOTAL (M)	0,4367
MANO DE OBRA						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
01	PEÓN	2,0000	4,0500	8,1000	0,16667	1,3500
03	ALBAÑIL	1,0000	4,1000	4,1000	0,16667	0,6833
05	INSPECTOR DE OBRA	0,1000	4,5500	0,4550	0,16667	0,0758
					SUBTOTAL (N)	2,1091
MATERIALES						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
0600	ACERO DE REFUERZO Fy= 4200 kg/cm2		Kg	0,8456	1,3200	1,1162
5934	GEOMANTO PERMANENTE TRM 15, PARA ESTAB. DE TALUDES		m ²	1,0200	3,0300	3,0906
					SUBTOTAL (O)	4,2068
					TOTAL	6,7526

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
INGENIERÍA CIVIL						
ANÁLISIS DE PRECIOS						
RUBRO No	MALLA DE TRIPLE TORSIÓN				UNIDAD	M
DESCRIPCIÓN:					RENDIMIENTO	0,7
EQUIPOS						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	HERRAMIENTA MANUAL					0,2500
					SUBTOTAL M	0,2500
MANO DE OBRA						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	INSPECTOR DE OBRA	1,0000	5,0900	5,0900	0,26	1,3234
	PEÓN	2,0000	4,5400	9,0800	0,26	2,3608
	ALBAÑIL	0,2000	4,8800	0,9760	0,26	0,2538
					SUBTOTAL N	3,9380
MATERIALES						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
	MALLA DE TRIPLE TORSIÓN		m ²	1,0000	3,1000	3,1000
	CABLE DE ACERO 2 MM		m	2,0000	1,9500	3,9000
					SUBTOTAL O	7,0000
					TOTAL	11,1880

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
INGENIERÍA CIVIL						
ANÁLISIS DE PRECIOS						
RUBRO No	ANCLAJE TIPO GEWI D=25 mm				UNIDAD	M
DESCRIPCIÓN:				RENDIMIENTO	0,2	
EQUIPOS						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	CANAST. COLG. 2 POLEAS 0.8 x 3.0 h=70 PISO MET. Y LINEA DE VID	1	1,12	1,12	0,2	0,224
	HERRAMIENTA MANUAL					0,25
	ARNÉS DE IZAJE	0,8	37,72	30,18	0,04	1,21
	COMPRESOR DE AIRE	0,75	20	15	0,2	3
	PERFORADORA	0,75	20	15	0,2	3
					SUBTOTAL M	7,684
MANO DE OBRA						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	INSPECTOR DE OBRA	0,3	5,09	1,527	0,2	0,3054
	OPERADOR DE COMPRESOR	1	4,88	4,88	0,2	0,976
	PERFORADOR	1	4,88	4,88	0,2	0,976
	PEÓN	1	4,54	4,54	0,2	0,908
	AYUDANTE DE PERFORADOR	1	4,67	4,67	0,2	0,934
	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	1	4,67	4,67	0,2	0,934
					SUBTOTAL N	5,0334
MATERIALES						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
	ANCLAJE GEWI D=20 mm		m	1	15,84	15,84
	PLACA DE APOYO		U	1	18,07	18,07
	TUERCA DE AJUSTE		U	1	4,2	4,2
	CEMENTO		Kg	44,47	0,17	7,5599
	AGUA		m ³	0,03	2,15	0,0645
	EXPANSOR		kg	1,05	1,06	1,113
	VAINA DE PROTECCIÓN		m	1	0,6	0,6
	TROMPETA DE ACERO		U	1	23,27	23,27
					SUBTOTAL O	70,7174
					TOTAL	83,4348

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
INGENIERÍA CIVIL						
ANÁLISIS DE PRECIOS						
RUBRO No	HORMIGÓN LANZADO F'C 210 KG/CM²				UNIDAD	M
DESCRIPCIÓN:					RENDIMIENTO	0,7
EQUIPOS						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	HERRAMIENTA MANUAL					0,25
	LANZADORA DE CONCRETO VÍA HÚMEDA 33KW	0,541		13,66		7,39006
					SUBTOTAL M	7,64006
MANO DE OBRA						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	INSPECTOR DE OBRA	0,5	5,09	2,545	0,8	2,036
	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	1	5,09	5,09	0,8	4,072
	PEÓN	2	4,88	9,76	0,8	7,808
					SUBTOTAL N	13,916
MATERIALES						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
	HORMIGÓN PROYECTADO		m ³	0,13	150	19,5
	ADITIVO		Kg	2	0,2	0,4
					SUBTOTAL O	19,9
					TOTAL	41,45606

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
INGENIERÍA CIVIL						
ANÁLISIS DE PRECIOS						
RUBRO No	MALLA ELECTROSOLDADA				UNIDAD	M
DESCRIPCIÓN:				RENDIMIENTO	0,3	
EQUIPOS						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	HERRAMIENTA MANUAL					0,25
					SUBTOTAL M	0,25
MANO DE OBRA						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	INSPECTOR DE OBRA	1	5,09	5,09	0,3	1,527
	PEÓN	2	4,54	9,08	0,3	2,724
	ALBAÑIL	0,2	4,88	0,976	0,3	0,2928
					SUBTOTAL N	4,5438
MATERIALES						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
	MALLA ELECTROSOLDADA 10X10X5		Pl	0,07	22,3	1,561
	ALAMBRE DE AMARRE		Kg	1	1,8	1,8
	TUBERÍA PVC		m	1	2,65	2,65

	SUBTOTAL O	6,011
	TOTAL	10,8048

ANEXO 6

PLANOS