

Proyecto diseño de sitio, muro en suelo reforzado

Presentado por:

Andrés Felipe Junior Domínguez Gallego

Manuela Gonzalez Larrahondo

Valentina Martínez Luque

Sebastián Olarte Andrade

Juan Fernando Viteri Ordoñez

Profesor: Iván Fernando Otálvaro Calle

Pontificia Universidad Javeriana Cali

Departamento de Ingeniería Civil e Industrial

Diseño II

28 de noviembre del 2023

Resumen

En Sevilla, Valle del Cauca, específicamente en los barrios Monserrate y Cafeteros, se enfrenta un grave problema de deslizamiento en un talud, afectando significativamente una extensa área del barrio. A lo largo de varios años, diversas entidades han presentado propuestas para abordar esta problemática. Recientemente, se llevaron a cabo evaluaciones de tres propuestas distintas (Univalle, Geocing y AIV) que se presentaron en el pasado, con el objetivo de seleccionar la más idónea.

En la actualidad, se está avanzando en la implementación de la propuesta elegida, para lo cual se ha llevado a cabo una actualización integral. Esta actualización incluye la revisión y ajuste de las cotas del terreno, la actualización de precios y la adaptación de métodos constructivos necesarios para garantizar el desarrollo efectivo del proyecto. Este proceso se enmarca en la búsqueda de una solución duradera y eficiente para el problema de deslizamiento en el talud, con el objetivo de mejorar las condiciones y la seguridad en los barrios afectados.

Índice

1. Introducción	1
1.1 Objetivos de diseño	1
1.1.1 Objetivos Generales.....	1
1.1.2 Objetivos Específicos	2
2. Área de Estudio	3
2.1 Geología.....	4
2.2 Hidrología	6
2.3 Topografía	6
3. Propuestas	7
3.1 Propuesta Univalle, 2011	7
3.2 Propuesta Geocing, 2014	9
3.3 Propuesta AIV, 2019	9
4. Matriz de decisión	10
5. Propuesta final	12
5.1 Detalles Muro en suelo reforzado.....	14
5.2 Drenajes	16
5.2.1 Espina de pescado:.....	19
5.3 Obra de protección.....	23

5.4 Paisajismo	25
5.5 Site operation	27
5.5.1 preliminares	27
5.5.2 Muro en suelo reforzado.....	35
5.6 Presupuesto	46
5.7 Programación.....	48
6. Referencias	50

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Localización Sevilla, Valle del cauca	3
Ilustración 2 Mapa geologico detallado (Geosing)	5
Ilustración 3. Plano en planta con topografía (Geocing 2013).....	7
Ilustración 4 Muro en Voladizo.....	8
Ilustración 5. Plano en planta con perfiles actualizados y ubicacion de muros.	13
Ilustración 6. Perfiles actualizados.....	13
Ilustración 7. Modelacion software especializado de propuesta AIV	14
Ilustración 8. Muro en suelo Reforzado, Propuesta Final	15
Ilustración 9. Detalle Geomalla, Respaldo Muro en Suelo Reforzado	16
Ilustración 10. Instalacion de geodren planar.....	17
Ilustración 11. Detalle vista frontal subdrenaje de los muros	18
Ilustración 12. Esquema pedraplen diseñado	19
Ilustración 13. Periodos de retorno.....	20
Ilustración 14. Dimension filtro principal espina de pescado	21
Ilustración 15. Dimension filtro ramas espina de pescado.....	21
Ilustración 16. Canales en concreto ciclopeo.	22
Ilustración 17. Dren de protección escalonado	23
Ilustración 18. Ejemplo de bolsacreto para obras de control de erosión.....	25

Ilustración 19. Demolicion de construcciones existentes, en la zona correspondiente al muro 1, se observa la presencia de varias viviendas que obstaculizan la construcción de dicho muro. Por ello, el siguiente paso es demoler estas estructuras residenciales existentes.....	29
Ilustración 20. Acondicionamiento de vias existentes	30
Ilustración 21. Señalización preventiva.....	32

Índice de tablas

Tabla 1 Unidades geologicas (Geosing)	5
Tabla 2 Matriz de decision.....	11
Tabla 3. Presupuesto	47
Tabla 4. Resumen programación.	48
Tabla 5. Programación	49

1. Introducción

La esencia del proyecto de Diseño se centra en la ejecución de una "site operation" para abordar el desafío presente en los barrios Monserrate y Cafetero. Para lograr este objetivo, se llevó a cabo una minuciosa recopilación de información proveniente de diversas fuentes, destacando el "Estudio de amenaza, vulnerabilidad, escenarios de riesgo, diseño de ingeniería y tratamientos de mitigación en masa en los barrios Monserrate y Cafetero" elaborado por el Departamento de Geografía de la Universidad del Valle. Además, se incorporó valiosa información proporcionada por GEOCING y el informe presentado por la Asociación de Ingenieros del Valle (AIV).

Este enfoque se orienta a explorar diversas alternativas para abordar el problema, considerando la evolución topográfica a lo largo del tiempo. Se busca identificar la propuesta más viable, tomando como pilares fundamentales los métodos constructivos, los presupuestos y el impacto ambiental. La variada naturaleza de las fuentes de información permite una evaluación comprehensiva, destacando las transformaciones del terreno desde las evaluaciones iniciales, y proveyendo así una base sólida para la selección de la solución más adecuada.

1.1 Objetivos de diseño

1.1.1 Objetivos Generales

Realizar una "site operation" efectiva para abordar el problema de deslizamiento en los barrios Monserrate y Cafetero en Sevilla, Valle del Cauca, a través de la evaluación y selección de propuestas de mitigación,

considerando la evolución topográfica, métodos constructivos, presupuestos e impacto ambiental.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Recopilar de manera exhaustiva información proveniente del "Estudio de amenaza, vulnerabilidad, escenarios de riesgo, diseño de ingeniería y tratamientos de mitigación en masa en los barrios Monserrate y Cafetero" elaborado por el Departamento de Geografía de la Universidad del Valle.
- Analizar la información proporcionada por GEOCING y el informe presentado por la Asociación de Ingenieros del Valle (AIV) para obtener perspectivas complementarias sobre el problema.
- Evaluar la evolución topográfica de la zona desde las evaluaciones iniciales hasta el momento actual, identificando cambios significativos que puedan influir en la selección de propuestas de mitigación.
- Comparar las diferentes propuestas de mitigación presentadas en los informes, considerando métodos constructivos, presupuestos y su impacto potencial en el medio ambiente.
- Seleccionar la propuesta más adecuada para la "site operation", basándose en criterios técnicos, económicos y ambientales, asegurando una solución eficiente y sostenible para el problema de deslizamiento en los barrios Monserrate y Cafetero.

2. Área de Estudio

En la región suroccidental de Colombia, específicamente en el Departamento del Valle del Cauca, se observa la interacción de tres placas tectónicas. Sevilla, en el flanco occidental de la Cordillera Central, exhibe extensas áreas de rocas basálticas de la Formación Amaine, que presentan una intensa fractura por esfuerzos regionales. La zona se ve influenciada por diversas fallas, siendo la destacada Falla de Sevilla una de las más relevantes. Además, se identifican otras fallas significativas como la de Quebrada Nueva, Caicedonia y Romeral, que conforman un sistema local de fallas.

Los barrios Monserrate y Cafetero, ubicados en esta región, se encuentran divididos por la Quebrada Cafetero, presentando un historial de deslizamientos.

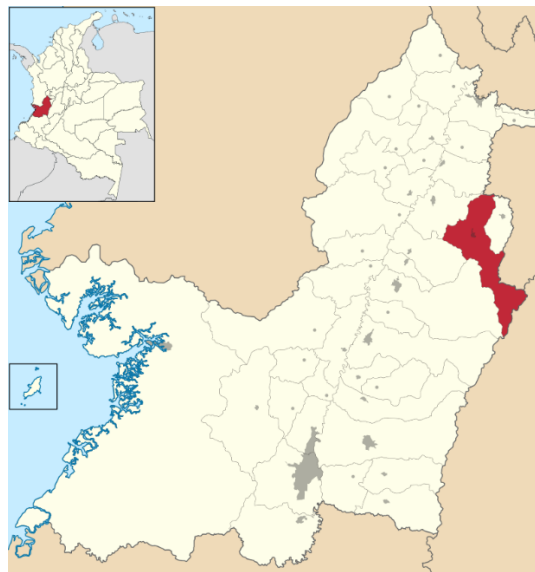


Ilustración 1 Localización Sevilla, Valle del cauca

2.1 Geología

En el casco urbano del municipio de Sevilla, se encuentra afloramientos de rocas basálticas de la formación Amaime. Estas rocas, altamente fracturadas, revelan la complejidad de la geología estructural regional. La presencia de la falla de Sevilla, atravesando el barrio Monserrate, destaca como una característica significativa, pero su potencial sismogénico aún no ha sido completamente estudiado.

La exploración geotécnica llevada a cabo por la empresa Geocing, utilizó métodos como la refracción sísmica, barrenos manuales y sondeos mecánicos para establecer un perfil estratigráfico detallado y determinar propiedades físico – mecánicas de los materiales en la zona. Los ensayos de laboratorio, incluyendo límites de consistencia y corte directo, fueron esenciales en la generación del modelo geológico – geotécnico del área.

En cuanto al uso de suelo, aproximadamente el 67,42 % se destina a fines agrícolas, el 2,06 % es residencial y el 3,03 % comercial. La información detallada sobre la composición del suelo, su textura limo – arcillosa, y el espesor de los estratos proporciona una visión integral de la geología y geotecnia en la región.

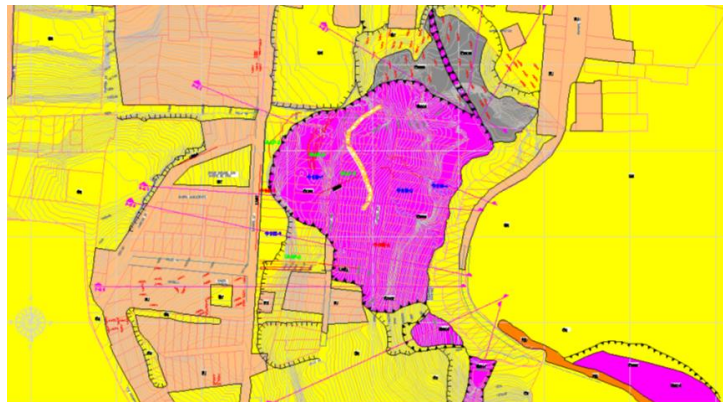


Ilustración 2 Mapa geológico detallado (Geosing)

Tabla 1 Unidades geológicas (Geosing)

UNIDAD GEOLÓGICA BÁSICA	UNIDAD GEOLÓGICA SUPERFICIAL	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Depósito Coluvial Reciente/ Actual	Scor	Son los materiales originados por los movimientos de remoción en masa recientes /activos; de composición limo-arenosa, color amarillo-naranja; involucran principalmente suelo residual.
	Relleno Ingenieril	RI	Materiales seleccionados y compactados, correspondientes a las capas de base y sub-base de las obras del desarrollo urbanístico (construcciones, vías, etc); constituidos por gravas, arenas y limos.
	Depósito Coluvial Antiguo/reciente	Scoa	Corresponden a los materiales originados por movimientos de remoción relativamente antiguos, con actividad reciente. Conformados por fragmentos de rocas volcánicas, en matriz de arena y limo.
CUATERNARIO Formación Amaine, (Ka)	Suelo Residual	Sr	Son los materiales originados por los procesos de meteorización y alteración de los componentes del macizo rocoso, de naturaleza volcánica; de color amarillo y naranja rojizo, de composición limo-arenosa; presenta espesores importantes que oscilan entre los 4.0m y los 10.0m.
CRETÁCICO Rocas Volcánicas Básicas, Formación Amaime (Ka).	Rocas Blandas	Rb	Comprende los macizos rocosos de naturaleza volcánica básica, constituidos por, basaltos toleíticos, con horizontes de lavas almohadilladas, de color gris oscuro, de grano medio a grueso, de resistencia blanda. Las rocas se presentan altamente meteorizadas.

2.2 Hidrología

En la zona de Sevilla, se empleó el método de la doble masa, el cual implica la acumulación de registros, y se destacó su ubicación geográfica en una estrella hídrica con tres sistemas hidrográficos. La diversidad climática, con altitudes que varían entre 1000 y 3800 metros sobre el nivel del mar, se refleja en un régimen bimodal de lluvias. Sin embargo, la falta de canalización de manantiales hacia la quebrada Cafetero contribuye a la erosión del terreno, lo que ha motivado estudios detallados sobre las precipitaciones de diseño y la dinámica de socavación en la cuenca. Estos estudios revelaron caudales máximos, modelos de lluvia – escorrentía y profundidades estimadas de socavación, brindando una comprensión integral de los desafíos hidrológicos y geotécnicos de la región.

2.3 Topografía

Para representar cómo se configura el terreno de manera gráfica, hay que levantar un levantamiento topográfico, especialmente al abordar los problemas de los barrios Monserrate y Cafetero en Sevilla. Para esto, se tomaron las curvas de nivel del informe de Geocing 2013, con esto se evaluaron las posibles soluciones a los desafíos que enfrentan. Además, para determinar las cantidades de obra necesarias, se realizaron perfiles topográficos a lo largo del proyecto, abarcando las estructuras y los cortes o llenos propuestos.

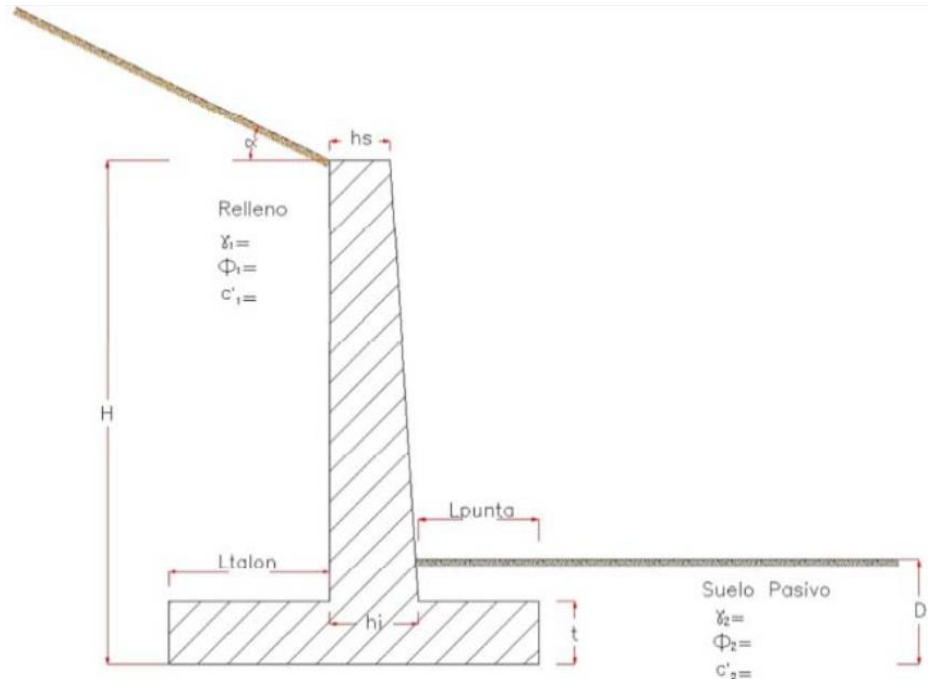


Ilustración 4 Muro en Voladizo.

Fuente: (Universidad del Valle, 2011).

En la parte superior del talud, donde está el muro en voladizo principal, se cimenta con pilotes vinculados por una viga cabezal posicionada debajo del muro, formando parte fundamental de su base. Esta estructura compuesta, elaborada en concreto reforzado, incorpora pilotes con un diámetro de 0.8 metros, una longitud de 17 metros y con separaciones de 3 metros entre ellos. En la zona media de la ladera, la longitud de los pilotes se reduce a 12 metros.

El diseño estratégico de estas hileras de pilotes pretende dar un soporte adicional a la estructura, fortaleciendo su estabilidad y resistencia. La implementación de esta solución

estructural se orienta a enfrentar con eficacia las condiciones geotécnicas específicas del entorno, destacando el compromiso de la Universidad del Valle con la resolución integral de la problemática identificada.

3.2 Propuesta Geocing, 2014

La empresa Geocing llevó a cabo un análisis de estabilidad mediante el software Slide, proponiendo la implementación de dos muros de concreto reforzado con una altura de 4.5 metros y una base de 4.0 metros. Estos muros se sustentarán sobre caissons con un diámetro de 1.0 metro. Además, se recomienda la configuración de taludes con una relación de H 2.5: V 1 y la construcción de un muro en gavión a lo largo del borde de la quebrada el Cafetero para contrarrestar la erosión.

Con el objetivo de gestionar las aguas de escorrentía y reducir el nivel freático, se plantea la instalación de drenes de penetración y cunetas para el manejo del agua proveniente de la escorrentía superficial. Estas cunetas dirigirán el agua hacia estructuras escalonadas diseñadas específicamente para recolectar y canalizar la escorrentía superficial. Posteriormente, se canalizará el agua hacia la quebrada Cafetero. Estas medidas pretenden gestionar eficazmente el agua y mitigar los efectos de la escorrentía en la zona de estudio.

3.3 Propuesta AIV, 2019

En el año 2019, la Asociación de Ingenieros del Valle presenta una alternativa que aboga por la construcción de muros o taludes reforzados con suelo o tierra reforzada, como una opción estratégica para conciliar los aspectos culturales, sociales, económicos y

ambientales en la zona cafetera de Colombia. Esta técnica se basa en el aprovechamiento del suelo local como material de peso y estabilización, mientras que los geos sintéticos asumen la responsabilidad de resistir las fuerzas de tensión.

El diseño del Muro 1 se caracteriza por una altura de 9.5 metros, un ancho de 9.5 metros y una longitud de 120 metros, mientras que el Muro 2 exhibe una altura de 9.5 metros, un ancho de 9.5 metros y una longitud de 50 metros. Los perfiles geológicos estaban en las mismas posiciones que en los estudios anteriores, para hacer comparaciones apropiadas entre los resultados obtenidos.

4. Matriz de decisión

Con el objetivo de ofrecer una base clara para la toma de decisiones en el proyecto, se ha elaborado una matriz de decisión detallada, presentada en la *Tabla 1 Matriz de decisión*. En esta matriz, se evalúan factores cruciales que abarcan aspectos ambientales, económicos y la complejidad constructiva. Este enfoque posibilitará una selección informada y estratégica de la propuesta final que será objeto de desarrollo en el proyecto.

Tabla 2 Matriz de decision

Propuestas	Presupuesto (aprox.)	Huella de carbono (Ton/CO2)	Método constructivo
Univalle	\$ 8 mil millones	1298.8	Difícil
Geocing	\$ 13 mil millones	1931.0	Intermedio
AIV	\$ 3 mil millones	587.4	Fácil

Se presenta una matriz de decisión que destaca la propuesta de AIV como la opción más económica y sostenible en términos de huella de carbono. Esta preferencia se fundamenta en la utilización de un muro en suelo reforzado, donde se especifica que el material de relleno será de origen local, contribuyendo significativamente a la reducción de emisiones y posicionándola como la solución de menor impacto ambiental.

Además de la evaluación en la matriz, la elección se respalda en el análisis de proyectos similares en la zona, caracterizada por deslizamientos frecuentes, alto nivel de humedad en la parte baja y media de la ladera, así como una topografía y geología complejas. Se tomó como referencia un proyecto ejecutado por la empresa Geomatrix SAS en la vía que conecta los municipios de Sevilla y La Uribe (km 2). Este proyecto consistió en la construcción de un muro MSE de 18 metros de altura en un tiempo récord de casi 10 meses. La solución incluyó geomallas, geos compuestos de drenaje, geotextiles tejidos y tuberías para el subdrenaje. Esta estructura ha demostrado un control definitivo de la

inestabilidad y, casi 10 años después de su construcción, sigue cumpliendo con los objetivos iniciales del proyecto, como la mitigación y prevención de riesgos en la vía.

5. Propuesta final

Para definir el diseño final, se consideraron diversos aspectos. En primer lugar, se trabajó con la topografía existente para reubicar la propuesta de AIV seleccionada. Se llevaron a cabo actualizaciones en los perfiles para obtener una mayor precisión al calcular los cortes y rellenos necesarios para la construcción de los muros en suelo reforzado. Con esta información detallada, se procedió a modelar en software especializado para verificar la conformidad con las normativas y asegurar un funcionamiento óptimo de los muros. Este proceso también incluyó la evaluación de obras de drenaje, junto con la exploración de alternativas adicionales para mejorar su eficiencia.

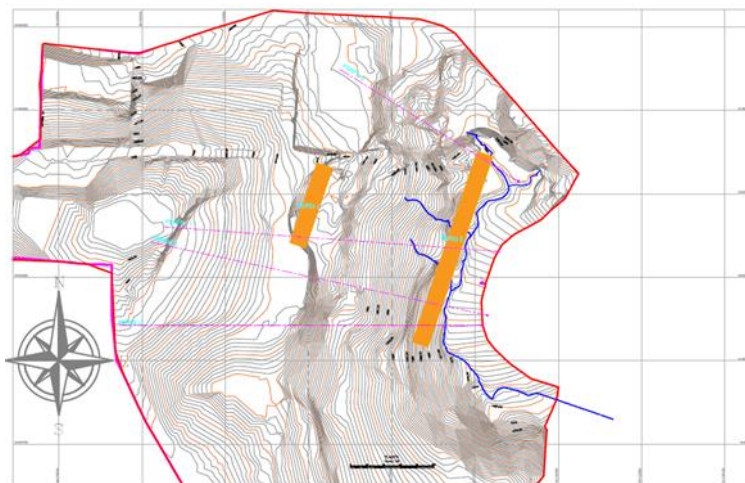


Ilustración 5. Plano en planta con perfiles actualizados y ubicacion de muros.

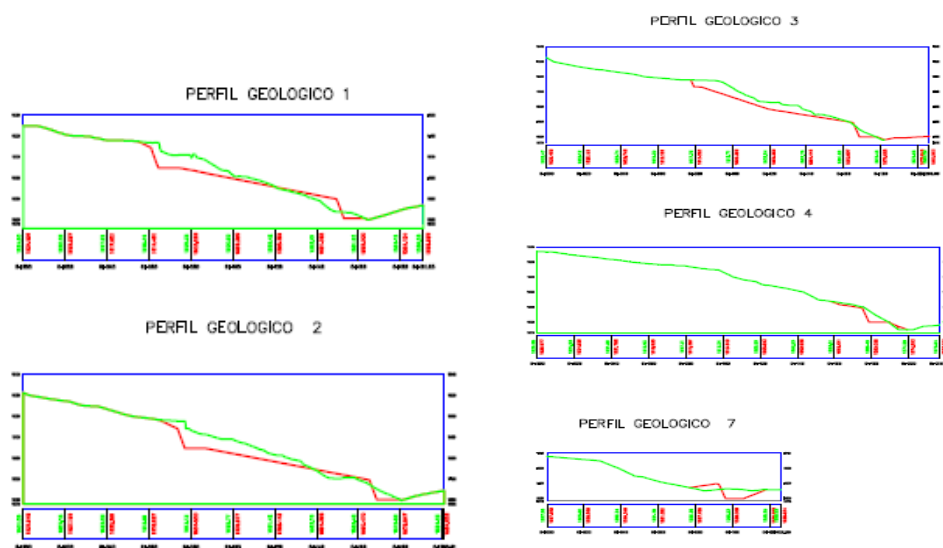


Ilustración 6. Perfiles actualizados

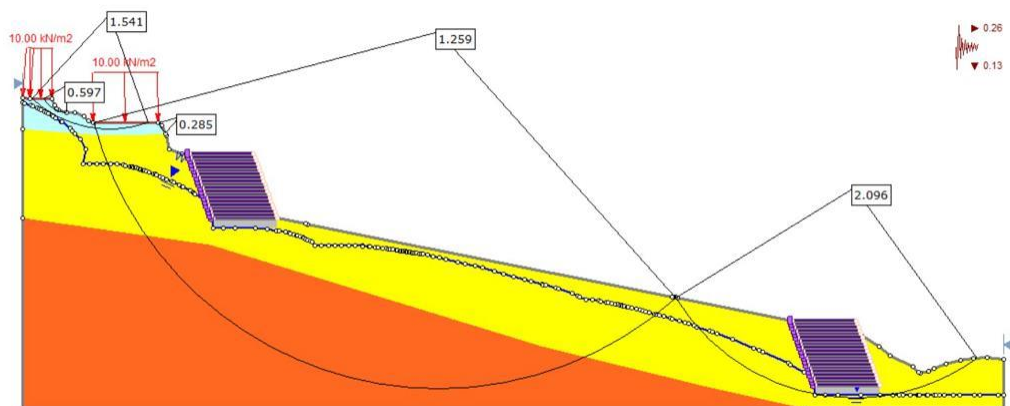


Ilustración 7. Modelación software especializado de propuesta AIV

En el contexto de la fase subsiguiente del proyecto de Diseño 2, se presenta una propuesta centrada en los diferentes aspectos fundamentales tales como: detalles de muro, drenajes, paisajismo, site operation, presupuesto, programación, matriz de riesgo. A continuación, se detallan las actividades planificadas para dichas áreas clave.

5.1 Detalles Muro en suelo reforzado

La propuesta contempla dos estructuras diferenciadas: el Muro 2, con dimensiones de 9.5 metros de altura, 9.5 metros de ancho y 120 metros de longitud, ubicado sobre el borde de la Quebrada Cafetero; y el Muro 1, con dimensiones similares de 9.5 metros de altura y 9.5 metros de ancho, pero con una longitud de 50 metros, situado sobre el borde de la vía en la corona del talud.

El diseño del Muro en Suelo Reforzado se caracteriza por la integración de elementos específicos diseñados para mejorar su rendimiento. Ambos muros proyectados

cuentan con un pedraplen en la parte inferior, destinado a facilitar el drenaje del agua que eventualmente podría ingresar. En la sección inferior trasera de cada muro, se ha implementado una tubería perforada envuelta en un filtro de relleno granular.

Cada muro se compone de capas compactadas con una altura de 50 centímetros, en las cuales se han insertado sacos rellenos de material in situ en la punta de cada capa para mejorar la estabilidad. Adicionalmente, en la parte trasera de los muros, se han dispuesto a instalar geomalla de forma vertical con una altura de 9m de alto y 1m de ancho, con aproximadamente 3 metros de separación entre cada una, hasta recubrir todo el muro. Estas tiras de geomalla están estratégicamente ubicadas para guiar el agua que ingresa por la parte superior del muro hacia la tubería situada en la sección inferior de cada estructura. Este diseño integral busca garantizar la eficacia y estabilidad del Muro en Suelo Reforzado, abordando de manera efectiva aspectos estructurales e hidráulicos para enfrentar los desafíos del entorno de manera integral.

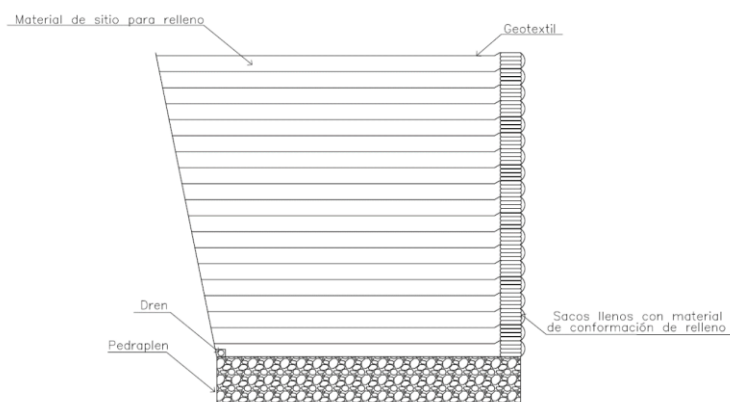


Ilustración 8. Muro en suelo Reforzado, Propuesta Final

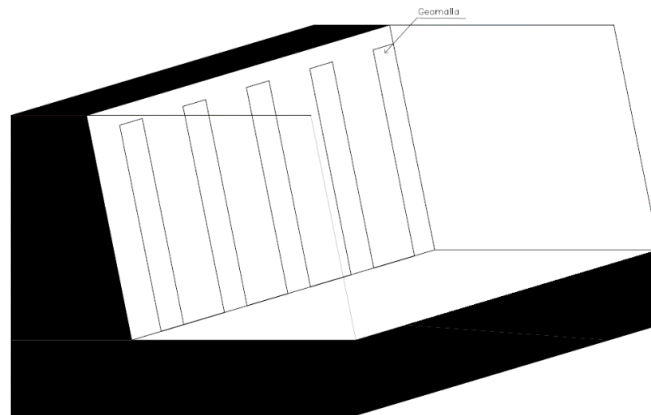


Ilustración 9. Detalle Geomalla, Respaldo Muro en Suelo Reforzado

5.2 Drenajes

Debido a que la estabilidad general de los muros en suelo reforzado depende estrictamente del manejo de la infiltración y control de saturación del suelo se ve necesario profundizar en las propuestas de drenaje y dejar definido la ubicación y tipo de cada elemento drenante.

En el diseño seleccionado de AIV 2019 se incorpora un sistema de drenaje efectivo. Tanto el muro 1 como el muro 2 están concebidos con un sistema de drenaje horizontal que facilita la gestión del agua que penetra en la estructura. Además, en la parte posterior de ambos muros se implementa un geodren planar de 1 metro con una separación de 3 metros, tal como se ilustra en la *ilustración 10. Instalacion de geodren planar.*

Este enfoque de diseño muestra una consideración integral para el manejo del agua, ayudando a prevenir posibles problemas relacionados con la acumulación o filtración de agua en la zona del muro. La combinación de un sistema de drenaje horizontal en la conformación del muro y la instalación estratégica de geo drenes planares demuestra una solución bien pensada para gestionar las aguas pluviales o subterráneas.

Adicionalmente, la inclusión de lagrimales en la cara de cada muro sugiere un enfoque proactivo para canalizar el agua de manera controlada, proporcionando una capa adicional de protección y contribuyendo a la durabilidad y estabilidad a largo plazo de los muros.



Ilustración 10. Instalacion de geodren planar



Ilustración 11. *Detalle vista frontal subdrenaje de los muros*

La elección de utilizar un pedraplén encapsulado en geotextil Fortex bx220 como cimentación para el muro refleja una estrategia efectiva para gestionar el agua subterránea. Al considerar que esta estructura actúa como un filtro de agua, se planea realizar una conexión entre el pedraplén y la espina de pescado implementada con muro 1. Esta conexión se plantea con el objetivo de manejar de manera adecuada el flujo de agua subterránea.

Integrar la cimentación del muro con la espina de pescado no solo contribuirá a la estabilidad del muro, sino que también permitirá un control más efectivo del agua que podría afectar la estructura subterráneamente. La conexión entre el pedraplén y la espina de pescado actúa como una medida preventiva para evitar problemas relacionados con la acumulación o la presión hidráulica que podría afectar la integridad del muro a largo plazo.

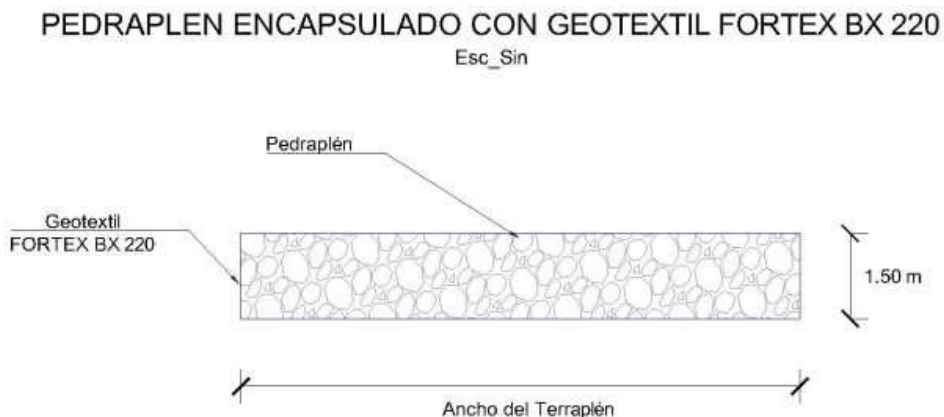


Ilustración 12. Esquema pedraplen diseñado

5.2.1 Espina de pescado:

La implementación de una espina de pescado se concibe como un drenaje diseñado para extenderse a lo largo del terreno y conectar ambos muros. Este diseño se ha planeado con el propósito de gestionar el agua subterránea de manera efectiva, especialmente considerando su potencial impacto en la funcionalidad de los muros en suelo reforzado.

Para respaldar este diseño, se ha realizado un análisis de curvas de intensidad de precipitación con periodos de retorno de 10, 30 y 50 años, según lo indicado en el informe de geocing 2019. Estos datos proporcionan una comprensión detallada de la frecuencia y magnitud de las lluvias en la zona, permitiendo una planificación precisa del sistema de drenaje.

La espina de pescado, al conectarse entre los dos muros, se posiciona estratégicamente para interceptar y canalizar el agua subterránea, mitigando así los posibles

efectos adversos en los muros. Este enfoque refleja una consideración integral de las condiciones hidrológicas del sitio y destaca la importancia de diseñar soluciones de drenaje que se alineen con las características climáticas específicas de la región.

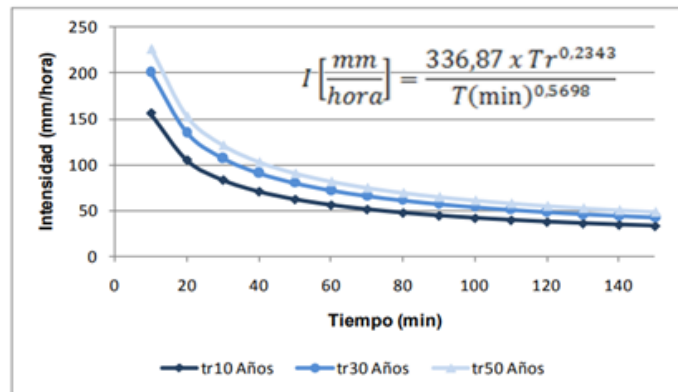


Ilustración 13. Periodos de retorno

El enfoque según RAS (Registro de Aguas Superficiales) resulta fundamental, especialmente al encontrarse en una ladera con vegetación. En este contexto, se define el coeficiente de impermeabilidad, un parámetro clave para calcular el caudal máximo. A partir de este caudal máximo, se procede a determinar las dimensiones del filtro principal y las ramificaciones de la espina, según lo detallado en el **Anexo DREN FILTRANTE**.

Dicho procedimiento da como resultado las siguientes dimensiones.

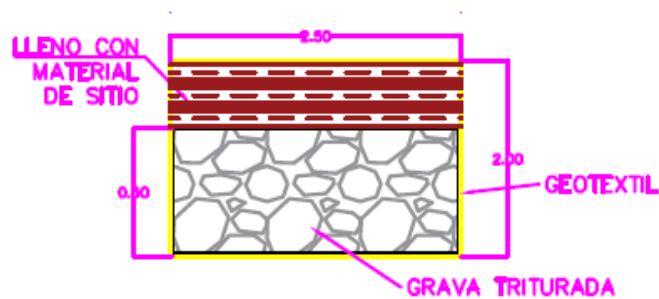


Ilustración 14. Dimension filtro principal espina de pescado

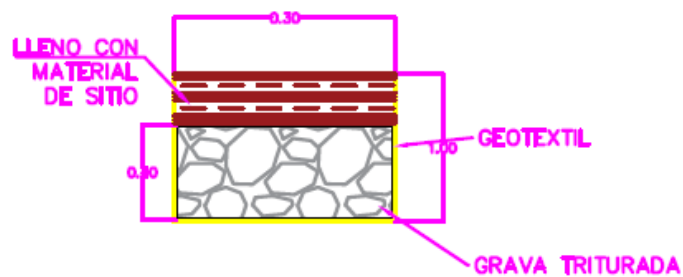


Ilustración 15. Dimension filtro ramas espina de pescado

5.2.2 Canales de manejo de aguas lluvia

El diseño de los canales en concreto ciclópeo en la parte inferior de los muros, según la información de Geocing 2019, representa una estrategia efectiva para recolectar y gestionar el agua de lluvia que proviene de los lloraderos. La función principal de estos canales es dirigir el agua de manera controlada hasta las tuberías que la conducen hacia las estructuras escalonadas.

Es fundamental destacar que el concreto ciclópeo, caracterizado por la inclusión de piedras de tamaño significativo en la mezcla, proporciona resistencia y durabilidad, factores críticos en infraestructuras expuestas a la intemperie y al flujo constante de agua.

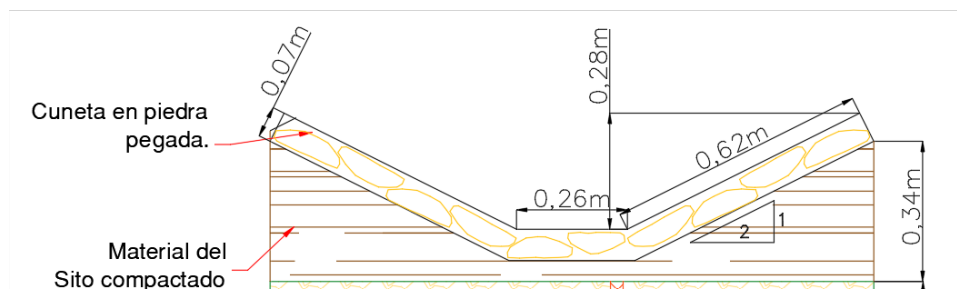


Ilustración 16. Canales en concreto ciclópeo.

Obra de protección escalonada

La obra de protección escalonada (*anexo PLANO PROTEC ESCALONADA*) que recibe y controla el agua lluvia demuestra una estrategia integral para gestionar el flujo pluvial de manera efectiva. Este tipo de estructura escalonada proporciona diversos beneficios:

Control de Erosión: Al recibir y guiar el agua de lluvia a través de los escalones, se reduce la velocidad del flujo, minimizando así el riesgo de erosión del suelo en la ladera.

Reducción de Caudales: Los escalones contribuyen a disminuir la velocidad del agua y distribuir uniformemente su flujo, lo que puede ayudar a prevenir inundaciones y reducir la carga hidráulica en las estructuras de drenaje.

Mejora de la Infiltración: Los escalones pueden facilitar la infiltración del agua en el suelo, contribuyendo a recargar los acuíferos y reducir la escorrentía superficial.

Estabilización del Terreno: La estructura escalonada puede ayudar a estabilizar la ladera al controlar el movimiento del agua, evitando así posibles deslizamientos.

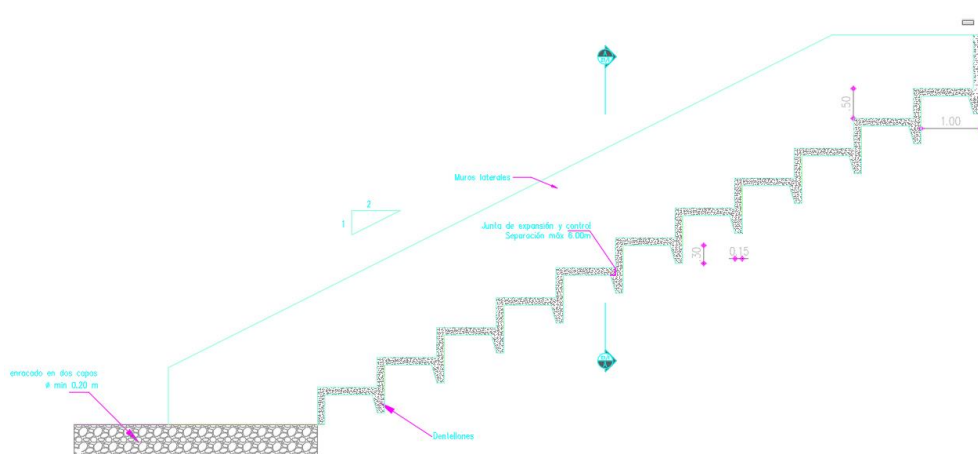


Ilustración 17. Dren de protección escalonado

5.3 Obra de protección

La solución propuesta contempla una protección en bolsacretos, con una llave de fondo adecuada a los niveles de socavación que genere la quebrada en el tiempo, esto se considera como una solución robusta, de fácil desarrollo debido a su construcción modular, de bajo mantenimiento y que no restringe la sección hidráulica de afluente. También se propone la canalización de la quebrada de manera temporal para que esta no afecte el

desarrollo de las obras alternas. Desde el punto de vista geotécnico es importante resaltar que esta solución no se considera como una estructura de contención de la ladera, su finalidad es la protección de la margen izquierda de la quebrada y la pata del muro en suelo reforzado presentado en el diseño de las obras de mitigación de AIV.

Para la construcción de la solución de protección, se proponen cortes temporales de excavación, hasta el nivel de fundación para la llave anti-socavación, resaltando que, para la construcción de esta, la zona deberá mantenerse libre de agua, considerando bombeo de la misma en caso de encontrar nivel freático o filtraciones provenientes de la canalización temporal. Para la evaluación de esta, se propone la modelación en el software Slide de las excavaciones temporales y el análisis de la viabilidad para la canalización de la quebrada. Considerando la normativa técnica vigente y los factores de seguridad mínimos establecidos.

Como se menciona a lo largo de la propuesta la obra proyectada consiste en una protección en bolsacretos acompañada de una llave anti-socavación compuesta por una base de geo-bolsa y cuerpo de bolsacretos. Los bolsacretos son una formaleta flexible y permeable elaborada a partir de cintas planas de polipropileno que forman un textil de excelentes características, se llena con mortero o concreto formando con material granular de gran tamaño. Las Geobags, son bolsas fabricadas con Geotextil Tejido de Polipropileno que se sugieren llenar con material de sitio proveniente de las excavaciones y el material sobrante de demoliciones de casas y el muro en gaviones existente en la parte alta de la ladera. (Anexo PLANO BOLSACRETOS)



Ilustración 18. Ejemplo de bolsacreto para obras de control de erosión

5.4 Paisajismo

En el marco de este proyecto, se implementará un enfoque integral que combine la funcionalidad de contención con prácticas paisajísticas destinadas a estabilizar el terreno y prevenir la erosión. A continuación, se detallan los elementos clave:

- **Vegetación de Cobertura del Suelo:**

Se emplearán plantas de cobertura con sistemas radiculares robustos para estabilizar el suelo y prevenir la erosión, asegurando una mayor resistencia a condiciones adversas.

- **Árboles y Arbustos con Raíces Profundas:**

La introducción estratégica de árboles y arbustos con sistemas de raíces profundas contribuirá significativamente a anclar el suelo, fortaleciendo la estabilidad del terreno alrededor de las áreas de contención; el pasto festuca es una de las variedades mas opcionada para este proyecto

- **Selección de Plantas Nativas:**

Priorizaremos el uso de plantas nativas adaptadas a las condiciones locales. Estas plantas, conocidas por su resistencia, no solo requieren menos mantenimiento, sino que también fomentan la integración armoniosa con el entorno; estos se ubicaran en los alrededores de los muros con la funcion de generar mayor estabilidad en el terreno,

- **Sistema de Drenaje Efectivo:**

Implementaremos un sistema de drenaje eficiente para alejar el agua de las zonas propensas a deslizamientos. Esta medida es esencial para prevenir acumulaciones cerca de los muros de contención, garantizando así una mayor estabilidad.

- **Plan de Mantenimiento:**

Estableceremos un riguroso plan de mantenimiento para supervisar la salud de la vegetación y garantizar el adecuado funcionamiento de los sistemas implementados. Esto incluirá inspecciones regulares y acciones correctivas según sea necesario, con este

material recubriremos los muros para aumentar el crecimiento de las plantas generando mayor estabilidad y recubrimiento en la zona.

- **Uso de Mantillo Orgánico:**

En áreas donde la implantación de plantas no sea viable, se utilizará mantillo orgánico. Este material desempeñará un papel crucial al retener la humedad y prevenir la erosión, contribuyendo así a la estabilidad general del entorno.

- **Asesoría Especializada:**

Se ha buscado la orientación de profesionales especializados en soluciones de este tipo para adaptar de manera óptima los sistemas a las condiciones específicas del proyecto. Esta colaboración asegura la efectividad y la eficiencia de nuestras intervenciones.

Este enfoque holístico tiene como objetivo no solo ofrecer soluciones de contención efectivas sino también preservar la integridad del entorno, promoviendo la sostenibilidad a largo plazo y minimizando los riesgos asociados con deslizamientos.

5.5 Site operation

5.5.1 preliminares

En la ubicación designada, disponemos de un estacionamiento preexistente destinado a albergar el campamento y la zona de almacenamiento. Para llevar a cabo esta

función, se inicia el proceso con la eliminación de las estructuras preexistentes para llevar a cabo la limpieza del terreno. Este procedimiento se ejecuta con la asistencia de un minicargador que realiza el raspado del suelo, seguido por la compactación mediante el uso de un vibrocompactador.

Posteriormente, se procede con la mejora basada en una base, que implica la descarga y distribución del material, seguida de la nivelación con el minicargador, un riego con agua y, finalmente, una compactación para asegurar la estabilidad del terreno.

Luego, se procede al movimiento de los contenedores. Al llegar los planchones, la máquina 320 facilita su ubicación en el área designada del parqueadero para el campamento. Se acondiciona el resto del campamento para que funcione como estacionamiento de maquinaria, incluyendo la instalación de baños portátiles.



***Ilustración 19.** Demolicion de construcciones existentes, en la zona correspondiente al muro 1, se observa la presencia de varias viviendas que obstaculizan la construcción de dicho muro. Por ello, el siguiente paso es demoler estas estructuras residenciales existentes.*

Para realizar la demolición de las viviendas existentes en la ubicación del muro 1, se llevará a cabo un proceso cuidadoso y seguro. Este procedimiento se llevará a cabo con la participación de un equipo de demolición especializado, el cual se encargará de coordinar y ejecutar la demolición de manera eficiente y controlada.

El equipo de demolición implementará las medidas de seguridad necesarias para garantizar la integridad de la zona y minimizar cualquier riesgo asociado. Se utilizarán equipos y maquinaria adecuados para la demolición controlada del concreto de las viviendas, asegurando un manejo eficaz de los escombros y la limpieza del área.

Es importante destacar que se seguirán todos los protocolos y regulaciones locales relacionados con la demolición de estructuras residenciales. Además, se llevará a cabo una

coordinación estrecha con las autoridades pertinentes para obtener las autorizaciones necesarias y garantizar un desarrollo conforme a la normativa vigente.

Una vez completada la demolición, se procederá con la disposición adecuada de los materiales resultantes, priorizando prácticas respetuosas con el medio ambiente. Este proceso allanará el camino para la construcción exitosa del muro 1, permitiendo avanzar en el proyecto de manera eficiente y segura.



Ilustración 20. Acondicionamiento de vías existentes

- **Inspeccion y evaluación**

Durante la inspección en el terreno, se detectó la presencia de una vía preexistente que podría utilizarse como acceso a la obra planificada. Sin embargo, es importante señalar que dicha vía se encuentra en condiciones poco óptimas para el tránsito, por lo que resulta imperativo realizar trabajos de acondicionamiento para mejorar su estado.

La vía preexistente presenta inconvenientes debido a su estrechez, por lo tanto, es indispensable ampliarla para lograr una anchura final de 6 metros.

- **Reparaciones y mantenimiento**

El proceso de reparación y mantenimiento se inicia con una limpieza integral de la vía existente utilizando el minicargador. Luego, con la colaboración de las volquetas, se distribuye la subbase necesaria por segmentos, seguido de un nivelado con el minicargador. A continuación, se lleva a cabo la compactación utilizando el vibrador, seguido de un riego de agua para consolidar el material.

Es esencial destacar que existe un tramo específico donde se requiere aumentar la amplitud de la vía. En este caso, se llevará a cabo una limpieza de la vegetación y se procederá a rellenar con material del lugar antes de la instalación de la subbase.

- **Mejoras en la señalización y mercado vial**

Se implementarán señalizaciones específicas para facilitar el acceso exclusivo al personal autorizado, así como otras indicaciones que informen a la comunidad sobre la

presencia de una obra en el lugar.



Ilustración 21. señalización preventiva

- **Acopio de materiales**

Para llevar a cabo el acopio de materiales en una obra en Sevilla Valle, es esencial planificar y ejecutar esta tarea de manera organizada. Este enfoque para la obra pretende adaptarse a las condiciones locales, regulaciones y proveedores disponibles, asegurando un acopio eficiente y adecuado para el éxito del proyecto.

- **Estudio del Sitio:**

Realizar un estudio detallado del sitio de construcción para identificar las ubicaciones clave, tales como zonas de acopio, áreas de excavación, y puntos de descarga.

Considerar las condiciones topográficas y geográficas del terreno.

- **Diseño de Rutas:**

Diseñar rutas de acceso que minimicen las pendientes pronunciadas, curvas cerradas y otros obstáculos que puedan dificultar el tránsito de las volquetas.

Evitar áreas sensibles, como zonas de conservación ambiental o estructuras frágiles.

- **Ancho de las Rutas:**

Determinar el ancho necesario de las rutas para garantizar que las volquetas puedan circular sin restricciones.

Hay que asegurar que el ancho sea suficiente para permitir el paso seguro en ambas direcciones.

- **Señalización:**

Instalar señalización clara para guiar a las volquetas a lo largo de las rutas designadas.

- **Nivelación y Compactación:**

Nivelar y compactar las rutas para garantizar una superficie estable y segura para el tránsito de las volquetas.

Realizar mantenimiento regular para abordar posibles problemas de erosión o hundimientos.

- **Consideraciones Ambientales:**

Evaluar y mitigar cualquier impacto ambiental que pueda surgir debido al tránsito de las volquetas.

Implementar prácticas respetuosas con el medio ambiente, como la prevención de la erosión y la sedimentación.

- **Zonas de Carga y Descarga:**

Identificar y designar zonas específicas para la carga y descarga de volquetas.

Hay que asegurar que estas áreas estén ubicadas estratégicamente para minimizar el tiempo de espera.

- **Mantenimiento Regular:**

Implementar un programa de mantenimiento regular para las rutas de acceso, abordando cualquier daño o desgaste.

Monitorear y reparar áreas propensas a acumulación de agua o deslizamientos.

- **Seguridad:**

Establecer medidas de seguridad, como límites de velocidad y señales de advertencia.

Capacitar a los conductores sobre las rutas designadas y las normas de seguridad.

5.5.2 Muro en suelo reforzado

La construcción del muro en suelo reforzado implica el uso de técnicas y materiales específicos para garantizar la estabilidad y resistencia adecuada. La construcción del muro en suelo reforzado es un proceso técnico que requiere una cuidadosa planificación y ejecución para garantizar la seguridad y estabilidad estructural. Es importante seguir las normativas locales y contar con la supervisión de ingenieros especializados en geotecnia o estructuras.

Punto de control topográfico:

- Es crucial comenzar con la identificación y marcación de un punto de control topográfico. Este punto servirá como referencia para medir elevaciones y niveles en el área de trabajo.

Excavación para el Muro 1:

- Bajo la operación de la retroexcavadora, se inicia la excavación del primer muro hasta llegar a la profundidad de la espina de pescado.

Instalación de anclajes muro 1:

- Una vez completada la conformación de la espina de pescado y la instalación del pedraplén del muro, se inicia el proceso de la instalación de los anclajes.

- Posteriormente, se realiza la perforación en el suelo natural mediante el uso de un taladro especial. Este proceso comienza con la zona 1 seleccionada con el propósito de aliviar la carga en la parte inferior. Es clave para facilitar la construcción del muro 2, ubicado en la parte inferior.
- Luego, se procede a la instalación del acero de los anclajes, y se configura el bulbo del anclaje mediante la aplicación de una lechada de cemento. Este paso es esencial para reforzar la estabilidad del muro y garantizar una conexión segura con el suelo circundante.

Canalización quebrada de aguas negras:

- Se inicia la excavación de un represamiento temporal en la sección inicial del muro, donde converge el flujo de agua residual proveniente de las viviendas. Este represamiento tiene como objetivo facilitar la construcción de la tubería encargada de desviar dicho flujo durante el desarrollo de la obra. Para garantizar la estabilidad de este embalse improvisado, se rodeará con costales llenos de tierra. Simultáneamente, se procederá a bombear el agua acumulada mientras se lleva a cabo la instalación de la tubería desviadora.
- Se realiza una excavación de limpieza para sacar todo el lodo y llegar a terreno natural en la zona designada, para el relleno de rajón para proporcionar el soporte adecuado.

- Se procede a la instalación de la tubería, conectándola al embalse de agua creado previamente. Esta tubería desembocará en la continuación de la quebrada después de pasar el muro. Este paso asegura la adecuada canalización del flujo de agua negra, cumpliendo con la planificación del proyecto.

Excavación para el Muro 2:

- Utilizando una retroexcavadora, se lleva a cabo la excavación para el Muro 2.
- La profundidad de la excavación debe ser suficiente para abarcar tanto el muro, la cuenca y la espina de pescado. Se debe tener en cuenta que la espina de pescado está 2 metros más profunda que el muro.
- Continuamos con los anclajes mediante el uso del taladro, preparando el terreno para la instalación. El proceso de instalación sigue la misma metodología empleada en el muro 1.
- Dichas excavaciones deben ser compactadas en el suelo natural, para tener facilidad al momento de comenzar la conformación.

Conformación Espina de las espinas de pescado subterráneas al muro

- Comienza el proceso conformando el suelo de la espina de pescado con dos capas de 30 cm de grava triturada, luego rellenamos y compactamos con roca muerta.

- Prosigue la operación excavando los 2.5 m de ancho de la espina de pescado para posteriormente llevar a cabo la instalación del material triturado en esta área.
- Luego, se dispone la instalación del geotextil en la parte superior, marcando el inicio del relleno in situ hasta alcanzar la rasante del muro 2. Este proceso asegura una adecuada preparación del terreno para la construcción de la espina de pescado.

Conformación de bolsacretos y pedraplén del muro 2:



- Antes de instalar el pedraplén, se instala el geotextil para el funcionamiento del filtro.

- Se da inicio al proceso de conformación del pedraplén del muro, utilizando material triturado. Este material se compacta por capas de 0.20 m para asegurar una base sólida.
- Simultáneamente, se avanza en la formación de la estructura de bolsacreto. En esta etapa, se colocan las geobolsas , ajustadas de acuerdo con la máxima socavación permitida. Esta geo bolsas se refuerzan con barras de acero para garantizar la estabilidad de los bolsacretos que se instalarán a continuación.
- Se procede a la instalación de los bolsacretos, cada una rellena con lechada de cemento. Estos bolsacretos, se colocan secuencialmente hasta alcanzar el punto inicial del muro 2. Este paso asegura la construcción progresiva y sólida de la estructura, garantizando la resistencia y durabilidad del sistema bolsacreto.

Conformación de anclajes del muro 2:

- Cuando la espina de pescado y el pedraplén estén completamente conformados, se inicia la instalación de los anclajes.

Conformación del muro 2:

- La primera fase inicia con la instalación del geo dren planar en la parte posterior del muro, asegurando que su desembocadura conecte con el

pedraplén. Este componente es esencial para prevenir el exceso de paso de agua en el muro de suelo reforzado, proporcionando una solución efectiva para el drenaje.

- Tras haber conformado la base del muro en pedraplén y haber instalado el geo dren, se procede con la instalación del geotextil asignado para el muro. Este material desempeña un papel clave al proporcionar una barrera efectiva entre las capas del suelo, asegurando la estabilidad de la estructura.
- Continuando con el proceso, se agrega una capa específica de material designado para mejorar las condiciones del terreno. Esta etapa contribuye significativamente a la resistencia y cohesión del suelo, preparándolo adecuadamente para soportar la carga estructural.
- Se inicia la instalación del geotextil, prestando especial atención al calibre de geotextil, sus dimensiones y los traslapos necesarios. Esta medida es crucial para garantizar una separación adecuada entre las capas y proporcionar una base sólida para el muro.
- El diseño del muro incluye la incorporación de costales rellenos de material asignado, los cuales se instalan después del geotextil, específicamente en las partes extremas del muro. Esta capa de costales, con un espesor de 25 cm, contribuye a la estabilidad estructural.
- Tras la instalación de los costales, se procede a rellenar el espacio entre ellos hasta alcanzar los 25 cm. Este material se riega utilizando un minicargador, se riega con agua y se compacta con un vibro compactador, asegurando la densidad adecuada

- Mediante la toma de densidades en intervalos de 25 cm, se repite el proceso de relleno, compactación y conformación de capas adicionales. Posteriormente, se reinstala el geotextil, repitiendo el proceso de manera gradual hasta alcanzar la altura total del muro, fijada en 9.5 metros.
- Durante la fase de conformación del muro, se realiza la instalación de la tubería horizontal destinada al manejo adecuado del agua que ingresa al muro. Además, se incorporan lloraderos según el diseño, asegurando una gestión eficiente de los flujos de agua dentro de la estructura.
- Este enfoque detallado y secuencial garantiza la estabilidad, resistencia y eficacia de la construcción del muro, cumpliendo con los estándares de diseño y construcción.

Drenes escalonados en concreto:

- Los drenes escalonados en concreto, cada uno con un ancho de 2.8 metros, se posicionan en ambos extremos del muro. Estos se conforman simultáneamente con el muro 2, asegurando una integración eficiente de las estructuras.
- Una vez que el tramo de los drenes escalonados está relleno y el muro 2 ha sido conformado, se lleva a cabo un proceso integral. Este implica el riego con mini, la compactación con agua y el uso del vibro para asegurar la consolidación adecuada de ambas estructuras.
- Una vez completada la conformación de la "terraza" de los drenes escalonados, se procede a la excavación manual de las áreas designadas

para los drenes. Este proceso sigue las líneas marcadas en el diseño, en colaboración con los topógrafos, garantizando precisión y alineación.

- En esta fase, se lleva a cabo el armado de las parrillas y castillos necesarios para sostener las estructuras escalonadas. Este paso es esencial para la integridad y la resistencia de la disposición escalonada de los drenes.
- Con la ayuda de la Super T, se realiza el formaleteo de la estructura y se procede a la fundición del concreto preparado en el lugar con la asistencia de buggies. Este proceso asegura la adecuada cohesión y durabilidad de la estructura final, cumpliendo con los estándares de calidad y diseño establecidos. Es importante la vibración del concreto para su durabilidad.

Conformación de cuenca parte posterior del muro:

- Se llevará a cabo la creación de una cuenca en la parte trasera del muro 2, diseñada para capturar las aguas pluviales procedentes de la parte superior del terreno. Para facilitar la construcción, la profundidad de la cuenca, junto con el rajón utilizado como cimentación, será excavada y conformada simultáneamente con la construcción del muro, optimizando así la eficiencia del proceso constructivo.
- Una vez completada la conformación de todos los elementos, incluyendo el material del sitio, se procederá a la excavación de la forma específica de la cuenca. Este paso será guiado con precisión por la topografía del terreno y las indicaciones proporcionadas en la imagen de diseño.

- A continuación, se dará comienzo a la construcción de la cuneta utilizando piedra adherida, comúnmente denominada concreto ciclópeo. Es importante destacar que la formación de este concreto se llevará a cabo de manera continua, de extremo a extremo, hasta lograr la conexión completa.
- Este enfoque integral no solo asegura la funcionalidad hidráulica de la cuenca, sino que también mejora la estabilidad y durabilidad general del sistema de recolección y gestión de aguas pluviales en la ubicación.

Espinas de pescado aledañas al muro 1:

- Para la conformación de la espina de pescado, se hace lo mismo que en el tramo del muro dos. En este caso es importante destacar que la espina de pescado debe ir conectada con el pedraplén del muro, ya que esta va a recibir el agua que entre al muro.
- Para completar la disposición de las espinas de pescado, es crucial aguardar la finalización del levantamiento del muro 1.
- Una vez concluido este muro, se iniciará la excavación de las espinas de pescado que se extienden a lo largo del terreno, empleando la topografía como guía.

- Posteriormente, se procederá a la instalación del geotextil, seguido de la conformación con material triturado, el cual será envuelto por encima con el mismo geotextil.
- Finalmente, se llevará a cabo el relleno con material del lugar, compactándolo cuidadosamente hasta alcanzar la subrasante deseada.

Conformación del muro 1:

- La conformación del muro 1 seguirá el mismo proceso que el muro 2, tal como se detalla en los pasos anteriores.

Conformación de cuenca frente al muro:

- La función de esta cuenta es dirigir el flujo de agua que desciende a través de los desagües y tuberías del muro, con el propósito de asegurar la estabilidad de este.
- Al igual que en el caso del muro 2, la excavación de la cuenca se llevará a cabo simultáneamente con la construcción del muro, ejecutándose de manera conjunta.
- Una vez que el cimientó, compuesto por un rajón con un suelo estable compactado y conformado, esté listo, se procederá con la excavación precisa de la cuenta.
- Se iniciará la conformación de concreto ciclópeo de manera continua como en el muro dos, hasta lograr la conexión.

Canales de dirección a estructura escalonada central:

- Se llevará a cabo la construcción de dos canales, ubicados en cada extremo de la cuenca previamente creada. Esta acción tiene como propósito guiar el flujo de agua proveniente del muro hacia la estructura escalonada central en el terreno, permitiendo su redirección hacia las estructuras adyacentes en el muro dos.
- Se procederá con la excavación del canal en la siguiente fase. La excavación de ambos canales se realizará simultáneamente con el objetivo de optimizar el tiempo y cumplir con los plazos establecidos.
- Una vez completada la excavación total del canal, se procede a rellenar los primeros 1 metros con rajón, compactándolos. Luego, se continúa rellenando los siguientes 0.34 metros del canal con material del sitio, compactándolos mediante una placa vibratoria de rana, dado que la sección no es extensa y el uso de un vibro compactador podría presentar inconvenientes.

Estructura escalonada central:

- Se llevará a cabo la excavación de la estructura central hasta alcanzar el canal ubicado detrás del muro 2. Este paso tiene como objetivo crear un pasaje que evite interferencias con el agua en los muros.
- Una vez completada la excavación, se procederá a conformarla con el suelo de diseño para lograr una mayor estabilidad. Una vez que el suelo

esté debidamente conformado y compactado, se procederá a excavar la forma precisa de las escaleras.

- Acto seguido, se llevará a cabo la conformación de las parrillas y castillos de acuerdo con el diseño establecido.
- Para finalizar, se realizará la enconfradura con super T y se llevará a cabo el vertido de concreto para garantizar la integridad de la estructura.

5.6 Presupuesto

El presupuesto presentado en la tabla 3, que se muestra a continuación, engloba la totalidad del proyecto mencionado anteriormente. Es importante destacar que los precios utilizados corresponden al año 2023, dado que la obra está programada para iniciar en 2024 y extenderse más allá de ese período. Se ha realizado un ajuste a los precios para reflejar esta consideración.

Además, es necesario tener en cuenta que, durante la ejecución de la obra, este presupuesto está sujeto a posibles incrementos asociados a la inflación de los materiales y otros factores. Para obtener información más detallada al respecto, se puede consultar el ANEXO. PRESUPUESTO.

Tabla 3. Presupuesto

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA - CALI				PRESUPUESTO	
Obra:	MURO EN SUELO REFORZADO - SEVILLA, VALLE DEL CACUA			FECHA:	27-Nov-23
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT	VR. TOTAL
1	PRELIMINARES				620,478,021.86
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	UN	1	85,539,738	85,539,738
1.2	CONSTRUCCION CAMPAMETO, ALMACEN Y BODEGAS	UN	1	210,206,627	210,206,627
1.3	PROVISIONAL ELECTRICA CAMPAMENTO	UN	1	34,208,030	34,208,030
1.4	ALQUILER BAÑOS PORTATILES CON MANTENIMIENTO MINIMO 2 VECES A LA SEMANA	UN	1	14,256,000	14,256,000
1.5	CERRAMIENTO PROVISIONAL CAMPAMENTO	UN	1	37,525,356	37,525,356
1.6	ROSERIA SUPERFICIE, DESCAPOTE Y LIMPIEZA	UN	1	1,845,360	1,845,360
1.7	DEMOLICIONES EN CONCRETO REFORZADO (ESTRUCTURAS, PAVIMENTOS, ANDENES, ENTRE	UN	1	53,838,400	53,838,400
1.8	CARGUE Y RETIRO MATERIAL SOBRANTE Y ESCOMBROS	UN	1	157,850,000	157,850,000
1.9	PROVISIONAL VIAS	UN	1	25,208,511	25,208,511
2	MURO EN SUELO REFORZADO Y TERRAPLENES				3,771,312,912.50
2.1	EXCAVACIÓN RELLENO Y CONFORMACIÓN	UN	1	2,384,672,502	2,384,672,502
2.2	INSTALACION DE DREN EN GEOTEXTIL CON GRAVA	UN	1	35,671,653	35,671,653
2.3	INSTALACION GEOTEXTIL Y GEOMALLAS	UN	1	396,203,782	396,203,782
2.4	INSTALACION DE DREN SUBHORIZONTAL PERFORADO	UN	1	8,205,120	8,205,120
2.5	RIEGO Y COMPACTACION MATERIAL PARA MUROS EN TIERRA REFORZADA	UN	1	198,750,856	198,750,856
2.6	INSTALACION BOLSACRETO	UN	1	623,260,400	623,260,400
2.7	INSTALACION ANCLAJES	UN	1	124,548,600	124,548,600
3	OBRAS DE DRENAJE				1,347,336,085.79
3.1	CANALES Y ESTRUCTURAS ESCALONADAS	UN	2	238,087,754	476,175,509
3.2	ESPINA DE PESCADO	UN	3	206,834,811	620,504,432
3.3	DESVIO HIDRAULICO DE CUENCA	UN	1	250,656,145	250,656,145
4	OBRAS DE IMPACTO URBANO				66,737,550.00
4.1	EMPRADIZACION ZONAS DE CORTE	UN	1	66,618,750	66,618,750
4.2	SEÑAL REGLAMENTARIA REFLECTIVA D = 0.60 M	UN	1	118,800	118,800
5	VIA EXISTENTE				817,443.00
5.1	DEMOLICION ASFALTO ACTUAL	UN	1	817,443	817,443
SUBTOTAL					5,806,682,013
VALOR COSTOS DIRECTOS					5,806,682,013

COSTOS INDIRECTOS		
	VALOR COSTOS DIRECTOS	5,806,682,013
ADMINISTRACION	12.00%	696,801,842
IMPREVISTOS	10.00%	580,668,201
UTILIDAD	10.00%	580,668,201
TOTAL AIU	32.00%	1,858,138,244
IVA SOBRE LA UTILIDAD	19.00%	110,326,958
COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS		7,775,147,215
VALOR TOTAL PRESUPUESTO		7,775,147,215

5.7 Programación

Con el objetivo de planificar de manera integral un proyecto, se requiere la elaboración de un cronograma que contemple las actividades a ejecutar, el tiempo estimado para cada una de ellas, así como posibles imprevistos que puedan surgir. Esta medida se toma con el fin de evitar la generación de sobrecostos u otros inconvenientes al concluir la obra. Como se muestra a continuación en el **tabla 5**. Para mayor compleentación de la información consultar **Anexo. PROGRAMACIÓN**.

Tabla 4. Resumen programación.

Fecha de Inicio:	24-abr-24		
Fecha Fin	3-nov-26		
Duracion Proyecto	660	Dias	33.0 Meses

Tabla 5. Programación

WBS	TAREAS	CANTIDAD DIAS	Comienzo	Fin
1	PRELIMINARES			
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	7	24/04/2024	2/05/2024
1.2	CONSTRUCCION CAMPAMENTO, ALMACEN Y BODEGAS	5	25/04/2024	1/05/2024
1.3	PROVISIONAL ELECTRICA CAMPAMENTO	5	1/05/2024	7/05/2024
1.4	ALQUILER BAÑOS PORTATILES	1	6/05/2024	6/05/2024
1.5	CERRAMIENTO PROVISIONAL CAMPAMENTO	10	25/04/2024	8/05/2024
1.6	ROSERIA SUPERFICIE, DESCAPOTE Y LIMPIEZA	15	9/05/2024	29/05/2024
1.7	DEMOLICIONES EN CONCRETO REFORZADO (ESTRUCTURA)	15	4/06/2024	24/06/2024
1.8	CARGUE Y RETIRO MATERIAL SOBRANTE Y ESCOMBROS	15	18/06/2024	8/07/2024
1.9	PROVISIONAL VIAS	20	9/07/2024	5/08/2024
2	MURO EN SUELO REFORZADO Y TERRAPLENES			
2.1	EXCAVACIÓN, RELLENO Y CONFORMACIÓN	296	10/07/2024	27/08/2025
2.2	INSTALACION DE DREN EN GEOTEXTIL CON GRAVA	50	9/04/2025	17/06/2025
2.3	INSTALACION GEOTEXTIL Y GEOMALLAS	20	23/04/2025	20/05/2025
2.4	INSTALACION DE DREN SUBHORIZONTAL PERFORADO	20	4/06/2025	1/07/2025
2.5	RIEGO Y COMPACTACION MATERIAL PARA MUROS EN TIE	320	13/08/2025	3/11/2026
2.6	INSTALACION DE ANCLAJES	50	27/08/2025	16/10/2025
2.7	INSTALACION BOLSACRETO	30	26/02/2025	8/04/2025
3	OBRAS DE DRENAJE			
3.1	CANALES Y ESTRUCTURAS ESCALONADAS	30	28/08/2025	8/10/2025
3.2	ESPINA DE PESCADO	5	7/10/2025	13/10/2025
4	OBRAS DE IMPACTO URBANO			
4.1	EMPRADIZACION ZONAS DE CORTE	20	17/10/2025	13/11/2025
4.2	SEÑAL REGLAMENARIA REFLECTIVA D = 0.60 m	3	12/11/2025	14/11/2025
5	VIA EXISTENTE			
5.1	DEMOLICION DE ASFALTO ACTUAL	20	10/07/2024	6/08/2024

6. Referencias

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *Norma Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente, NSR-10*. Bogotá: AIS.

GEOCING. (2013). *Contrato CVC N0. 478-2013, Informe técnico final "Realizar los diseños definitivos de las obras de mitigación propuestas para los barrios Monserrate y Cafeteros en Sevilla-Valle"*. Colombia.

Observatorio Sismológico y Geofísico del Sur Occidente Colombiano. (2011). *Informe final "Estudio de amenaza, vulnerabilidad, escenarios de riesgo y diseño de ingeniería y tratamientos de mitigación ante movimientos en masa en los barrios Monserrate y Cafetero y su entorno del Municipio de Sevilla, Valle del Cauca"*. Santiago de Cali.

Corporación Autónoma Regional Del Valle Del Cauca, CVC. (2018). *Concepto tecnico referido a la validación del diseño de las obras de mitigación*. Santiago de Cali: Grupo Gestión Ambiental y Calidad.