

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA



Diseño y construcción de muro de contención con dentellón para
mejoras de estabilidad en la vía vecinal Alto Capelo

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR

Roger Juan Caballero Estrella

ASESOR

Manuel Ismael Laurencio Luna

Tarma, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos del autor**

Nombres	ROGER JUAN
Apellidos	CABALLERO ESTRELLA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	48766798
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	MANUEL ISMAEL
Apellidos	LAURENCIO LUNA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	42362708
Número de Orcid (obligatorio)	0000-0002-5992-0202

Datos del Jurado**Datos del presidente del jurado**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	Muro, contención, estabilidad, dentellón.
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: enlace	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Trabajo de Suficiencia Profesional
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: enlace	732016

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA N° 006-2024-UCSS-FI/TPICIV

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Los Olivos, 29 de febrero de 2024

Siendo el día martes 29 de febrero de 2024, en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se realizó la evaluación y calificación del siguiente informe de Trabajo de Suficiencia Profesional.

Diseño y construcción de muro de contención con dentellón para mejoras de estabilidad en la vía vecinal Alto Capelo

Presentado por el bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil de la Filial Tarma:

CABALLERO ESTRELLA, ROGER JUAN

Ante la comisión evaluadora de especialistas conformado por:

LOPEZ SILVA, MAIQUEL

FLORES LOAYZA, JULIA ELENA

Luego de haber realizado las evaluaciones y calificaciones correspondientes la comisión lo declara:

APROBADO

En mérito al resultado obtenido se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller CABALLERO ESTRELLA, ROGER JUAN el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

En señal de conformidad firmamos,



Dr. LOPEZ SILVA, MAIQUEL
Evaluador especialista 1



Mg. FLORES LOAYZA, JULIA ELENA
Evaluador especialista 2

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Los Olivos, 05 de febrero de 2024

Señor

Marco Antonio Coral Ygnacio

Presidente de la Comisión Ejecutora del Programa de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional
Facultad de Ingeniería

Universidad Católica Sedes Sapientiae

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que el informe de trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: **“Diseño y construcción de muro de contención con dentellón para mejoras de estabilidad en la vía vecinal Alto Capelo”**, presentado por CABALLERO ESTRELLA, ROGER JUAN con código 2014100723 y DNI: 48766798 para optar el título profesional de Ingeniero Civil, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser evaluado y calificado por la comisión evaluadora de especialistas.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 7 %** * Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



MANUEL ISMAEL LAURENCIO LUNA

DNI N°: 42362708

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5992-0202>

Facultad de Ingeniería - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

Resumen

El presente trabajo de suficiencia tiene como objetivo realizar el diseño óptimo de un muro de contención para mejorar las condiciones de estabilidad en la vía vecinal Alto Capelo.

Inicialmente, se realizaron estudios geotécnicos detallados y análisis topográficos que revelaron un desnivel de 3.5 metros en la zona. Estos estudios proporcionaron una comprensión de las características del terreno. Asimismo, el diseño propuesto del muro de contención en voladizo, incluye la implementación de un dentellón, basado en criterio de delimitación de la vía con propiedades adyacentes, posteriormente se realiza el cálculo de requerimiento de acero para cada elemento del muro, de acuerdo a las recomendaciones de la normativa E-060. Por último, se hace un seguimiento a la construcción del muro de contención, respetando el correcto proceso constructivo y con el debido control de calidad de los materiales a usar; para ello se tuvo la participación y coordinación del equipo técnico y trabajadores. De esa manera, se asegura la efectividad y durabilidad a largo plazo del muro de contención, contribuyendo al desarrollo sostenible de la infraestructura vial en Alto Capelo.

Palabras clave: Muro, contención, estabilidad, dentellón.

Abstract

The objective of this sufficiency work is to carry out the optimal design of a retaining wall to improve the stability conditions on the Alto Capelo local road. Initially, detailed geotechnical studies and topographic analyzes were carried out, which revealed a 3.5-meter drop in the area. These studies provided an understanding of the terrain characteristics. Likewise, the proposed design of the cantilever retaining wall includes the implementation of a dentil, based on criteria for delimiting the road with adjacent properties, subsequently the calculation of the steel requirement for each element of the wall is carried out, according to the recommendations of regulation E-060. Finally, the construction of the retaining wall is monitored, respecting the correct construction process and with proper quality control of the materials to be used; for this, the participation and coordination of the technical team and workers was required. In this way, the long-term effectiveness and durability of the retaining wall is ensured, contributing to the sustainable development of road infrastructure in Alto Capelo.

Keywords: Wall, containment, stability, dentil.

Tabla de Contenido

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
TABLA DE CONTENIDO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
INTRODUCCIÓN	8
TRAYECTORIA DEL AUTOR.....	11
Descripción de la Empresa.....	11
Organigrama de la Empresa.....	12
Áreas y Funciones Desempeñadas.....	14
Experiencia Profesional Realizada en la Organización	15
PROBLEMÁTICA	17
Planteamiento del Problema	17
Definición del Problema	18
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos.....	20
Justificación	20
Alcances y Limitaciones.....	21
MARCO TEÓRICO.....	23
Antecedentes	23
Bases Teóricas	28
Definición de Términos Básicos.....	36

PROPUESTA DE SOLUCIÓN	39
Metodología de la Solución	39
Desarrollo de la Solución.....	51
Factibilidad Técnica-Operativa.....	79
Inversión	81
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	83
Análisis Costo-Beneficio	84
APORTES MÁS DESTACABLES A LA INSTITUCIÓN	89
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES.....	93
REFERENCIAS.....	94
APÉNDICE.....	97
ANEXOS	99

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de suelos SUCS.....	53
Tabla 2. Datos para el desarrollo del diseño del muro de contención	55
Tabla 3. Procedimiento para calcular el espesor de la garganta o base de la pantalla t_2	57
Tabla 4. Pesos de la estructura del muro de contención	62
Tabla 5. Cálculo de acero para la pantalla del muro.....	66
Tabla 6. Resumen de áreas de acero para el muro de contención.....	71
Tabla 7. Análisis de factibilidad operativa	81
Tabla 8. Cuadro de Inversión.....	82
Tabla 9. Resumen de diseño del muro de contención.....	83
Tabla 10. Valoración de beneficios de la implementación del proyecto	84
Tabla 11. Presupuesto del proyecto	85
Tabla 12. Estimación de costos de mantenimiento por año.....	86
Tabla 13. Cálculo del flujo de caja	88

Índice de Figuras

Figura 1. Organigrama de la empresa	12
Figura 2. Muro de contención en voladizo	40
Figura 3. Predimensionado de muro en voladizo.....	41
Figura 4. Fuerzas que actúan en el muro	42
Figura 5. Fuerzas actuantes en el muro que ocasionan el deslizamiento.....	43
Figura 6. Fuerzas que actúan sobre la base del muro	45
Figura 7. Presiones de contacto entre muro - suelo de fundación	47
Figura 8. Implementación de un dentellón en la base del muro	48
Figura 9. Ubicación del proyecto.....	51
Figura 10. Situación del Sector Alto Capelo	52
Figura 11. Sección del muro de contención.....	54
Figura 12. Predimensionado del muro	56
Figura 13. Dimensiones del muro de contención.....	60
Figura 14. Despiece del muro en secciones para calcular los pesos y momentos	61
Figura 15. Presión ejercida del suelo sobre la fundación del muro	64
Figura 16. Cargas que actúan en el dentellón del muro.....	67
Figura 17. Cargas que actúan en el talón del muro.....	69
Figura 18. Detalle final de distribución del acero.....	72
Figura 19. Cartel de identificación de obra.....	73
Figura 20. Limpieza manual del terreno	73
Figura 21. Trazo y replanteo del muro.....	74
Figura 22. Excavación con maquinaria.....	74

Figura 23. Solado de concreto de 10 cm.....	75
Figura 24. Eliminación de material excedente.....	75
Figura 25. Colocación de acero en la zapata y dentellón del muro	76
Figura 26. Vaciado de concreto en la zapata del muro	76
Figura 27. Encofrado de las caras del muro de contención	77
Figura 28. Vaciado del concreto en la pantalla del muro	77
Figura 29. Desencofrado de la pantalla del muro	78
Figura 30. Relleno del muro de contención.....	78
Figura 31. Uso de equipos para la construcción del muro.....	80

Introducción

En el Perú, debido al crecimiento poblacional constante, la variabilidad de los factores climáticos y la saturación de las áreas urbanas han generado la necesidad de realizar estudios de ingeniería más precisos. Estos estudios buscan encontrar un equilibrio entre la inversión económica y la seguridad en todas las etapas del proceso, desde el diseño inicial hasta la ejecución y el control de edificaciones e infraestructuras.

En este contexto, se requiere una ingeniería más precisa y enfocada que aborde los desafíos específicos de la realidad y el entorno peruano. La rápida urbanización y la exposición a eventos climáticos considerables hacen que sea fundamental considerar factores como la resistencia sísmica, la estabilidad del terreno y las medidas de mitigación de riesgos en el diseño y la construcción de proyectos. Además, la optimización de costos sin comprometer la seguridad es esencial para garantizar que las edificaciones e infraestructuras cumplan con los estándares necesarios.

En proyectos viales, uno de los desafíos principales que enfrentan está relacionado con la estabilidad del terreno. Estas carreteras suelen atravesar áreas geográficamente diversas, desde terrenos montañosos hasta llanuras, y las condiciones del suelo pueden variar considerablemente a lo largo de su recorrido. La erosión del suelo, la compactación deficiente y la falta de mantenimiento adecuado pueden llevar a deslizamientos de tierra, hundimientos y otros problemas que afectan la integridad de la carretera y ponen en riesgo la seguridad de quienes la utilizan.

Además, el factor climático ejerce un impacto significativo en estas vías. Las lluvias intensas, inundaciones y eventos climáticos extremos pueden alterar las características del suelo, erosionar los caminos y causar daños severos, y consecuentemente dificultar el mantenimiento y la accesibilidad de las vías vecinas.

En este sentido, es esencial abordar estos desafíos para garantizar la funcionalidad y seguridad de las vías. Se requiere una planificación cuidadosa, inversión en infraestructura adecuada y medidas de conservación ambiental para preservar estas rutas vitales y mejorar la vida de las comunidades locales. La atención a la estabilidad del terreno y la gestión de los efectos climáticos son elementos clave para mantener las vías vecinales en condiciones óptimas y garantizar un acceso sostenible a las comunidades locales.

La aplicación de estructuras de contención es muy importante en proyectos de vías y edificaciones. Debido a las condiciones geográficas, características geológicas y condiciones climáticas, es necesaria su aplicación, utilizando los parámetros vigentes de la normativa que rige su proceso de construcción, con la finalidad de brindar comodidad y seguridad a la sociedad.

Un muro de contención, es una estructura que soporta o retiene la fuerza de empuje provocada por el mismo suelo o por un relleno conformado, estos deben ser macizos para no volcarse y fijados en un suelo estable para así evitar su desplazamiento. Al momento de ejecutar un proyecto, necesariamente se realizarán cortes en el terreno, estos producen inestabilidad y desprendimiento del talud, es ahí donde es necesaria la aplicación de un muro de contención para contrarrestar posibles fallas del terreno.

Para el diseño de un muro de contención, se evaluará la zona de aplicación y debe realizarse un análisis detallado sobre las propiedades del suelo, las dimensiones correctas y el tipo de muro que se empleará. Principalmente se empleará el tipo de muro según la función que cumplirá en el terreno a estabilizar. Entre los tipos de muros más comunes se encuentran; los muros de contención en voladizo, arriostrados, con dentellón o muros de gravedad.

La importancia de esta investigación radica en el propósito de solucionar los desafíos de deslizamientos y de estabilidad en la vía vecinal Alto Capelo, mediante un diseño óptimo de un

muro de contención que busca contrarrestar la resistencia al empuje lateral a través de la implementación de un dentellón, a cambio de la puntera del muro, para evitar interferencias con propiedades adyacentes a la fundación del muro.

Trayectoria del Autor

Descripción de la Empresa

La empresa IBSO S.A.C ubicada en Av. Esperanza N° 668 El Tambo – Huancayo, con RUC 20605706658, es una empresa líder en el rubro de la construcción dedicada a ofrecer soluciones integrales para proyectos de infraestructura y edificación. Cuenta con una trayectoria sólida y un enfoque centrado en garantizar la calidad, la innovación y la entrega oportuna.

Misión

IBSO SAC se enfoca en ser una empresa líder en el rubro de la construcción, ofreciendo soluciones integrales para proyectos de infraestructura y edificación. Su misión es superar las expectativas de los clientes, garantizando la calidad, la innovación y la entrega oportuna en cada proyecto. Impulsados por una trayectoria sólida, trabajando para contribuir al desarrollo sostenible de las comunidades donde opera. En IBSO SAC, se persigue la mejora continua, la responsabilidad social y la satisfacción de los clientes como pilar del compromiso en el rubro de la construcción.

Visión

IBSO S.A.C aspira a ser un referente en el rubro de la construcción, proporcionando soluciones que no solo cumplan con las expectativas de sus clientes, sino que también contribuyan al desarrollo sostenible en el entorno que opera.

Servicios y Especialidades

Construcción Residencial y Comercial. Desde viviendas modernas hasta complejos comerciales, IBSO S.A.C crea espacios que combinan funcionalidad y estética.

Infraestructura Vial y Urbana. Especializados en el diseño y construcción de carreteras, puentes y obras urbanas, la empresa contribuye al desarrollo sostenible de comunidades locales.

Compromiso con la Sostenibilidad. IBSO S.A.C integra prácticas sostenibles en todas las fases de sus proyectos, desde la selección de materiales hasta la gestión de residuos. La empresa se esfuerza por minimizar su impacto ambiental y contribuir al desarrollo sostenible.

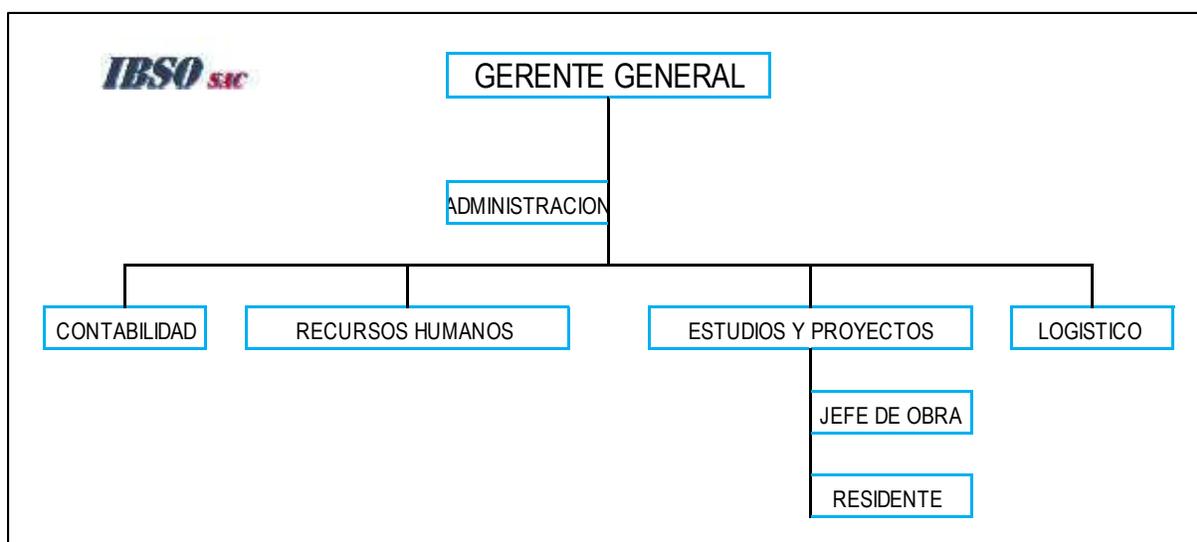
Compromiso con la Seguridad. La seguridad es una prioridad en cada proyecto, IBSO S.A.C implementa rigurosos estándares de seguridad y capacita a su personal para garantizar un entorno de trabajo seguro.

Organigrama de la Empresa

Este organigrama refleja la estructura jerárquica de IBSO S.A.C, así como sus diferentes áreas y funciones que se interrelacionan para lograr los objetivos en el sector de construcción.

Figura 1

Organigrama de la empresa



Nota. Elaboración propia

Respecto al organigrama de la empresa IBSO SAC, las diversas áreas cumplen roles y funciones fundamentales que contribuyen al desarrollo integral de la compañía, y las cuales se describen líneas abajo.

La Gerencia

El equipo de gerencia en IBSO SAC tiene la tarea de liderar y supervisar las actividades relacionadas con la construcción de proyectos. Asegurando el cumplimiento de los plazos, con el control presupuestal adecuado y manteniendo altos estándares de calidad. Es decir, se encargan que los proyectos resulten como se espera, siguiendo el plan y cumpliendo con las normas de calidad, contribuyendo así al desarrollo de IBSO SAC.

Administración

El área de Administración de IBSO SAC se encarga de coordinar eficientemente los recursos de la empresa, garantizando una operación suave y efectiva. Desde la gestión de la información hasta la supervisión de procesos administrativos, este equipo trabaja para optimizar la eficiencia interna.

Contabilidad

La precisión financiera y la transparencia son prioridades en el área de Contabilidad. Este equipo se dedica a la gestión de los recursos financieros, la elaboración de informes y la toma de decisiones informadas que respalden la estabilidad económica de IBSO SAC.

Recursos Humanos

El capital humano es esencial para el éxito de IBSO SAC, el área de Recursos Humanos se enfoca en reclutar, desarrollar y retener talento excepcional y adecuado para cada rubro. Además, promueve un ambiente laboral positivo y colaborativo, asegurando que cada miembro del equipo contribuya de manera significativa al crecimiento de la empresa.

Estudios y Proyectos

En esta área es muy importante la innovación y la precisión en los diversos estudios donde profesionales en ingeniería y arquitectura colaboran para desarrollar soluciones creativas y eficientes, asegurando la ejecución exitosa de cada proyecto desde su concepción.

Logística

El área de Logística en IBSO SAC desempeña un papel esencial en la gestión de suministros, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega final de proyectos de construcción. Es la encargada de coordinar el abastecimiento, almacenamiento, distribución y transporte de estas. Esta área garantiza una gestión eficiente de recursos materiales, controlando inventarios con precisión, gestionando flotas de vehículos y estableciendo relaciones estratégicas con proveedores. El equipo de logística contribuye significativamente a la eficiencia operativa, asegurando la disponibilidad oportuna de recursos clave para cada proyecto.

Áreas y Funciones Desempeñadas

Las funciones realizadas en la empresa IBSO S.A.C. fueron de asistente de residente de obra, con un papel importante como colaborador clave en el sitio de construcción, trabajando en estrecha colaboración con el residente de obra y el equipo de proyecto. Se desempeñaron las siguientes funciones:

Supervisión en Campo. Se colaboró estrechamente con el residente de obra en la supervisión diaria de actividades de construcción, asegurando que se ejecuten de acuerdo con los planos y especificaciones.

Control de Calidad. Se ayudó en la implementación y seguimiento de programas de control de calidad, inspeccionando materiales y procesos de construcción para garantizar que cumplan con los estándares establecidos.

Documentación. Se elaboraron registros detallados de la documentación relacionada con el proyecto, como planos, informes de avance y registros de horas laboradas.

Coordinación. Se facilitó la comunicación entre los diversos equipos de trabajo, contratistas y proveedores, asegurando una colaboración efectiva y la resolución oportuna de problemas.

Seguridad. Se ayudó a mantener la seguridad en el lugar de trabajo, para prevenir posibles riesgos y peligros, para garantizar el cumplimiento de todas las prácticas seguras, y de las normativas de seguridad ocupacional.

Informe de Avances. Se colaboró en la elaboración de informes de avance periódicos, informando sobre el progreso del proyecto, los problemas identificados y las medidas correctivas tomadas.

Gestión de Recursos. Se asistió en la gestión de recursos como la mano de obra, equipo y materiales, garantizando que estén disponibles cuando sean necesarios.

Resolución de Problemas. Se identificó y se abordaron problemas o desafíos en el lugar de trabajo de manera eficaz, tomando medidas para mitigar posibles retrasos o impactos en la calidad.

Cumplimiento Normativo. Se aseguró que las actividades de construcción cumplan con las normativas y regulaciones locales y nacionales.

Experiencia Profesional Realizada en la Organización

Durante el período que abarca desde noviembre de 2020 hasta diciembre de 2021, el desempeño como asistente de residente de obras en IBSO S.A.C se caracterizó por la participación activa en todas las fases importantes de la ejecución de proyectos de construcción. En los primeros meses, se contribuyó significativamente a la revisión de planos y

especificaciones, además de participar en la planificación detallada del proyecto, identificando hitos y estableciendo cronogramas de obra.

Entre febrero y abril de 2021, el enfoque se centró en la supervisión diaria de actividades en el lugar de trabajo, asegurando los estándares de calidad, y coordinando entre equipos, contratistas y proveedores. Paralelamente, se llevó a cabo una gestión detallada de los registros, incluyendo órdenes de cambio, informes de avance y registros de horas laboradas.

En mayo de 2021, se participó en la implementación y seguimiento de programas de control de calidad, realizando inspecciones detalladas de materiales y procesos constructivos bajo la supervisión del residente de obra.

En el período de agosto a octubre de 2021, se realizaron provisiones de mano de obra, garantizando una distribución efectiva de recursos y supervisando la adquisición y distribución de materiales. Además, se proporcionó apoyo administrativo, colaborando en la elaboración de informes y coordinando reuniones.

Durante los últimos meses laborados en la empresa IBSO S.A.C. de noviembre a diciembre de 2021, se participó activamente en la conclusión exitosa de las obras según los plazos establecidos. Participando de manera significativa en la evaluación del proyecto, identificando lecciones aprendidas y áreas de mejora. Además, se colaboró en la elaboración de informes finales, liquidaciones de obra, entre otros.

Problemática

Planteamiento del Problema

Según el MTC (2018), las vías vecinales son carreteras que conforman la red vial local, cuya función es conectar zonas urbanas con centros poblados, estas a su vez también pueden ser conectadas con las redes viales regionales o nacionales. De esa forma, los proyectos de carreteras desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de las comunidades al facilitar el transporte de materias primas, productos agrícolas y otros insumos necesarios para el consumo y el bienestar de la población. La ejecución de una carretera conlleva una serie de estudios y componentes que incluye elementos como obras de arte, puentes y viaductos, que son fundamentales para garantizar la funcionalidad y seguridad de la vía. Dentro de esta variedad de componentes, los muros de contención en un proyecto vial se consideran obras de arte, donde desempeña un papel importante en la estabilidad y eficiencia de la carretera.

Los muros de contención, como parte integral de los proyectos viales, contribuyen a mantener la integridad del terreno y prevenir deslizamiento o hundimientos, que puedan afectar la carretera. Estas son estructuras esenciales para garantizar la seguridad de los usuarios y mantener la continuidad del flujo de mercancías y personas a lo largo de la carretera. La planificación y ejecución adecuada de estos muros de contención son vitales para la durabilidad de los proyectos viales, lo que resalta su importancia en la ingeniería y el desarrollo de infraestructura en la sociedad actual.

Asimismo, los muros de contención son considerados, estructuras de gran soporte por su importancia para contrarrestar posibles fallas del terreno debido a su fractura. Con el paso del tiempo se implementan nuevas tecnologías para su diseño y pueden ser aplicados en

limitaciones de terreno, carreteras, puentes y edificaciones, con el único fin de estabilizar los empujes que se generan por el terreno.

Betancourt y Chuquisala (2021) indican que la inestabilidad y deslizamiento del terreno se da por características propias del suelo como pendientes pronunciadas, suelos inestables que contienen material arcilloso, vegetación, áreas propensas a actividad sísmicas y condiciones del clima que afectan directamente a las propiedades resistentes del suelo. Por lo general es necesario aplicar obras de contención al pie de los taludes que soporten los esfuerzos horizontales del terreno, y de esta manera evitar su deslizamiento.

Definición del Problema

Torres (2008) afirma que los muros de contención son estructuras que se utilizan para resistir el empuje lateral del material que se encuentra detrás de ellos. La estabilidad de los muros de contención se debe particularmente al peso propio que ejerce y al peso del material que se encuentra sobre la fundación del muro, por ello es necesario implementar un muro de contención para mejorar la estabilidad de la vía vecinal Alto Capelo, debido a que las vías vecinales juegan un papel importante en la conectividad y en el acceso a las comunidades locales, al permitir el transporte de mercadería y personas dentro de una región. Estas carreteras forman parte de la vida cotidiana de las comunidades al proporcionar rutas esenciales para el comercio, el acceso a servicios de salud y educación, y la movilidad de los residentes locales. Sin embargo, a menudo se enfrentan a desafíos importantes que perjudican su funcionamiento.

Para diseñar y construir un muro de contención específicamente adaptado a las necesidades de la vía vecinal Alto Capelo se debe implementar una solución integral que garantice la durabilidad y seguridad de la vía, permitiendo un acceso más confortable y eficiente para la comunidad, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

La topografía y características del terreno. La topografía variable, como las pendientes pronunciadas o los cambios bruscos de elevación, puede requerir un diseño específico para cada sección de la vía. Además, las características específicas del terreno, como la resistencia, la composición del suelo o la presencia de rocas, también pueden influir en el diseño.

Participación comunitaria. La inclusión de la opinión y necesidades de la comunidad son claves para el buen desarrollo del proyecto, además de garantizarlo, evitar posibles problemas con la población. De esta manera se logrará realizar la ejecución cumpliendo las expectativas y requerimientos locales.

Sostenibilidad financiera. Asegurar que el diseño propuesto sea económicamente viable para la comunidad, considerando además los recursos disponibles y fuentes de financiamiento.

Condiciones climáticas. El diseño debe ser capaz de resistir eventos climáticos que pueden perjudicar a la estructura, como las lluvias intensas en la zona y sin comprometer la estabilidad del muro de contención.

Este planteamiento del problema ofrece una solución adecuada para el diseño de un muro de contención, donde se consideran puntos específicos asociados con la mejora de la vía vecinal según las particularidades de estudio y las características propias de la vía vecinal Alto Capelo.

Problema General

¿Cómo realizar el diseño y construcción de un muro de contención con dentellón para mejoras de estabilidad de la vía vecinal Alto Capelo?

Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los estudios básicos del terreno en la vía vecinal Alto Capelo que afectan la resistencia al empuje lateral?

- ¿Cómo se realiza el diseño de muro de contención con dentellón que se implementará en la vía vecinal Alto Capelo?
- ¿Cómo se realiza la construcción del muro de contención con dentellón que ayudará a estabilizar el terreno en la vía vecinal Alto Capelo?

Objetivo General

Realizar el diseño y construcción de muro de contención con dentellón para mejoras de estabilidad de la vía vecinal Alto Capelo.

Objetivos Específicos

- Realizar los estudios básicos del terreno en la vía vecinal Alto Capelo, para obtener datos específicos del terreno.
- Realizar el diseño del muro de contención con dentellón para mejorar la estabilidad de la vía.
- Describir el proceso constructivo del muro de contención con dentellón de la vía vecinal Alto Capelo.

Justificación

La seguridad en la vía vecinal de Alto Capelo, especialmente entre los pasajes Matapalo y pasaje Los Achiotos, es bastante precaria debido al riesgo de posibles accidentes causados por la pendiente del terreno. Ante este peligro significativo, se sugiere la construcción de un muro de contención de concreto armado con dentellón para estabilizar la pendiente y prevenir accidentes que podrían poner en riesgo la vida de los pobladores.

La vía vecinal Alto Capelo cumple un rol importante en la conectividad con las comunidades locales, sirviendo como vía de acceso a recursos. Sin embargo, la falta de estabilidad de la carretera debido a problemas de deslizamientos ha generado preocupaciones en términos de seguridad vial, por lo que limita el desarrollo sostenible de la población.

La implementación de un muro de contención causará un impacto positivo de gran magnitud, es decir los beneficiarios directos será la población del pasaje Matapalo del sector Alto Capelo, logrando un impulso en el aspecto socioeconómico, que a través de la mejora de la vía vecinal, producirá mayor beneficio, al permitir el suministro de productos y traslado de personas dentro del área de influencia del proyecto, ofreciendo facilidad en el mantenimiento de los tramos, e incrementando el nivel de calidad de vida de la población.

Además, este trabajo de suficiencia profesional contribuirá al conocimiento en el campo de la ingeniería, mediante la aplicación de elementos de diseño para muros de contención y la efectividad del dentellón como elemento estabilizador, debido a su funcionalidad para mejorar la resistencia al empuje del terreno. En resumen, la justificación del presente trabajo de suficiencia profesional radica en la importancia de solucionar problemas de deslizamiento de la vía vecinal Alto Capelo.

Alcances y Limitaciones

Alcances

Este trabajo de suficiencia profesional se centró en el diseño y construcción de un muro de contención con dentellón específico para la vía vecinal Alto Capelo, considerando las condiciones del terreno. Se realizaron estudios básicos de suelos y topografía, de esa manera se llevó a cabo un análisis geotécnico para caracterizar las propiedades del suelo en la zona a construir el muro de contención, Luego, se realizó un análisis para evaluar la eficacia del diseño propuesto en términos de resistencia al empuje lateral y estabilización del terreno.

Limitaciones

El presente trabajo de suficiencia profesional se limitó a la zona de aplicación, lo que significa que los resultados y las conclusiones pueden no ser completamente aplicables y

generalizables a otras ubicaciones con condiciones geotécnicas similares. Por otro lado, los efectos del clima y las condiciones meteorológicas no se abordaron en profundidad, aunque estas pueden influir en la estabilidad de la vía.

Asimismo, no se analizaron los aspectos económicos y financieros asociados con la implementación del diseño propuesto. Aunque se buscó mejorar la estabilidad de la vía, no se analizaron en detalle los impactos ambientales potenciales del diseño e implementación del muro de contención. Estas limitaciones se establecieron para garantizar la viabilidad y el enfoque específico de la investigación, aunque se debe tener en cuenta que la aplicabilidad de los resultados puede estar sujeta a las condiciones locales y otras variables no consideradas en profundidad en este trabajo de suficiencia profesional.

Marco Teórico

Antecedentes

Antecedentes Nacionales

Figueroa y Dongo (2020) diseñaron los tipos de muros de contención más óptimos y elaboraron detalles de planos a emplearse en la interconexión vial entre la Av. Avelino Cáceres y la Av. Alcides Carrión. Mediante los cálculos realizados, señalan que las evaluaciones son aplicables únicamente a suelos granulares. Además, en el análisis de la estabilidad de los muros de contención, el caso dinámico es preponderante, debido a que el muro en voladizo no cumple con los desplazamientos máximos permitidos y la demanda de fuerza cortante en ciertas alturas, mientras que el muro de contención con contrafuerte funciona de manera óptima a partir de 6.50 metros de altura, hacia adelante.

En términos estructurales, se observa que el muro de contención con contrafuerte presenta una respuesta más favorable que el muro en voladizo. Además, los ensayos de laboratorio muestran resultados adecuados según los parámetros establecidos, proporcionando un respaldo a la viabilidad estructural de los diseños analizados.

Asimismo, el análisis de costos revela que la construcción de muros en voladizo, considerando exclusivamente el encofrado resulta consistentemente más económica en un 43.19% en comparación con los muros con contrafuerte. Similarmente, al evaluar únicamente el costo del concreto, los muros en voladizo son más económicos en un 16.00% en comparación con sus contrapartes con contrafuerte. Sumando los costos totales, la construcción de muros en voladizo sigue siendo más eficiente, siendo un 3.89% más económica que la opción de muros con contrafuerte.

Valentín (2019) diagnosticó los aspectos económicos y técnicos relacionados con las estructuras de soporte utilizadas para estabilizar taludes de menor envergadura en la carretera Canta - Huayllay. En este proceso, se optó por diseñar una estructura de retención que involucró la extracción de muestras con el fin de realizar análisis mecánicos y físicos, lo que permitió obtener datos sobre la resistencia de los materiales. El análisis económico y técnico proporcionó información valiosa sobre el comportamiento estructural, lo que a su vez facilitó la resolución de problemas relacionados con la estabilización de taludes en la parte inferior de la plataforma vial.

El estudio también abordó fenómenos geodinámicos externos, como deslizamientos y asentamientos del soporte, empuje del talud y reptación de suelos, que se originaron debido a la saturación del material y la erosión provocada por las lluvias constantes entre octubre y marzo. Los parámetros obtenidos, como el ángulo de fricción interna, la cohesión y la densidad, contribuyen a la estabilidad del talud. Además, se evaluaron los esfuerzos en muros de voladizo y de gravedad, y se observó que la relación entre la altura y los esfuerzos no era proporcional al aumento de la altura.

Como resultado de las verificaciones realizadas, se considerarán que los taludes son estables cuando se implementen muros de contención, y se alcanzarán factores de seguridad adecuados para condiciones estáticas y pseudoestáticas, superando el factor mínimo requerido de 1.5. En cuanto a la estimación económica, se concluyó que los muros de gravedad resultaban 42% más económicos en comparación con otras alternativas.

Ballón y Echenique (2017), determinaron la respuesta sísmica de muros de contención en voladizo en cada zona sísmica del Perú. Los sismos impactan en las dimensiones de los muros de contención. Se lleva a cabo una comparación entre dos métodos de cálculo, Mononobe Okabe y GLE, y se llega a la conclusión de que Mononobe Okabe adopta un enfoque más cauteloso, lo

que resulta en muros de mayores dimensiones para garantizar una mayor seguridad. Es importante destacar que Mononobe Okabe no es adecuado para suelos complicados, suelos estratificados y situaciones con altas aceleraciones sísmicas y taludes empinados. Se establece una restricción en el ángulo del talud para la aplicación de Mononobe Okabe, y se sugiere la preferencia por el método GLE en caso de requerir taludes más pronunciados.

En relación a los resultados, indica que la altura del muro influye de manera proporcional en la fuerza requerida, mientras que la aceleración sísmica y el ángulo del talud son factores críticos. El ángulo del talud de relleno ejerce una influencia más sustancial que la aceleración sísmica en ambos métodos. Se presentan ejemplos que indican que Mononobe Okabe puede proporcionar resultados desproporcionados en comparación con la estabilidad de GLE.

En conclusión, el método GLE es más óptimo para situaciones en las que los taludes sean menores a 20° y las aceleraciones sísmicas no superen $0.35g$, y dado que la variación en la fuerza calculada entre ambos métodos es limitada, siendo inferior al 10%. Para condiciones más desafiantes, como taludes pronunciados o altas aceleraciones, se podría contemplar el uso de Mononobe Okabe.

Antecedentes Internacionales

Aguilar y Henríquez (2018) en su estudio titulado "Diseño Hidráulico y Estructural de Defensa Ribereña del Río Chicama, Tramo Puente Punta Moreno - Pampas de Jaguey, Aplicando el Programa River, llevaron a cabo un análisis importante en el campo de la ingeniería civil. Su enfoque se centró en el desarrollo de un informe hidrológico, y para llevar a cabo este análisis, se basaron en datos hidrométricos específicos de la estación de aforo denominada Salinar - El Tambo.

El período de tiempo considerado para realizar los análisis estadísticos abarcó desde 1971 hasta 2010. Esto implica que recopilaron y evaluaron datos hidrométricos a lo largo de casi cuatro décadas para obtener una imagen completa de las condiciones hidrológicas del río Chicama en el tramo que se extiende desde el Puente Punta Moreno hasta Pampas de Jagüey. El enfoque en un período de tiempo tan extenso permitió a los investigadores realizar análisis estadísticos sólidos y fundamentados en datos históricos, lo que fue esencial para el diseño hidráulico y estructural de defensas ribereñas efectivas.

Mendieta (2016) llevó a cabo una comparación optimizada entre estructuras de retención de mampostería y muros de concreto armado. Este análisis abarcó aspectos estructurales, económicos y constructivos. El enfoque principal consistió en el diseño de estructuras de contención de concreto y mampostería para diferentes niveles y tipos de suelo, lo que generó diversas opciones para la ejecución del proyecto. Para respaldar sus conclusiones, se empleó una metodología cualitativa y se validaron los resultados mediante observaciones numéricas. Durante este proceso, se describieron los diferentes espesores y dimensiones, así como la armadura necesaria en los muros de contención. Luego, se evaluó la capacidad de flexión y cortante requerida para soportar las cargas aplicadas utilizando el software SAP2000 para modelar la estructura.

Las conclusiones del estudio revelaron que en general los muros de concreto no requieren mano de obra especializada y tienen un tiempo de construcción más breve en comparación con los muros de mampostería. Sin embargo, se plantea un desafío en términos de la calidad del concreto debido a la altura de la estructura y los procedimientos necesarios durante y después del vaciado. Por otro lado, los muros de mampostería resultan más económicos en comparación con los de concreto, generan menos desperdicio de materiales y son más fáciles de manipular. No

obstante, su ejecución exige mano de obra calificada y más tiempo debido a la manipulación de bloques y la necesidad de equipos adicionales. Además, se menciona que los muros de mampostería pueden presentar problemas de armadura con cantidad elevada de los bloques y podrían experimentar fallas locales debido a su altura. Los muros armados, aunque más costosos, ofrecen un mayor factor de seguridad y diseño estructural a medida que aumenta la altura, lo que puede resultar en costos más elevados de hasta un 50% en comparación con los muros de mampostería.

Sánchez (2019) diseñó un muro de contención para protección de la infraestructura física, ubicada en la ciudadela Mirador San Antonio de la ciudad de Jipijapa. Durante la inspección realizada a cabo en la ciudadela, se ha comprobado de manera inequívoca la existencia de problemas de inestabilidad en una escalera, lo cual representa un peligro real para las estructuras, en particular para las viviendas situadas entre las calles Juan León Mera y Primero de Junio en el área conocida como Mirador San Antonio. Esta situación ha generado una creciente preocupación entre los habitantes de este sector, ya que sus propiedades y su seguridad se ven amenazadas por la inestabilidad del terreno.

Con el objetivo de abordar eficazmente este desafío, se han realizado estudios exhaustivos destinados a comprender a fondo las características topográficas y físicas del suelo. A través de este análisis detallado, se ha identificado la solución más apropiada para resolver este problema de inestabilidad. Como resultado, se ha diseñado un muro de hormigón armado de tipo voladizo que cumple con los requisitos mínimos de resistencia al corte, al volteo y al hundimiento. Este enfoque de diseño proporciona una solución sólida y confiable para contrarrestar la inestabilidad de la ladera y, al mismo tiempo, garantizar la seguridad de las estructuras y de los habitantes en la zona afectada.

Artículo Científico

Prada et al. (2011) proponen la aplicación de métodos de análisis de confiabilidad en el diseño de estructuras geotécnicas, con un enfoque en la estabilidad de muros de gravedad junto a taludes. Dada la complejidad del comportamiento del suelo, la ingeniería geotécnica a menudo simplifica, lo cual afecta la precisión de los diseños. Para abordar la incertidumbre inherente, se propone el análisis de confiabilidad, que considera propiedades del suelo y cargas como funciones probabilísticas. El artículo presenta enfoques como el de Primer orden segundo momento, estimación puntual y simulación de Monte Carlo para evaluar el índice de confiabilidad y la probabilidad de falla. A través de un caso de estudio sobre la estabilidad del muro, se destaca que el método de Monte Carlo permite manejar la variabilidad de manera efectiva, aunque con un mayor costo computacional. Asimismo, los resultados indican que la probabilidad de falla no disminuye indefinidamente con el aumento del ancho del muro, y la elección del método de confiabilidad influye en la evaluación de la probabilidad de falla para diferentes dimensiones de la base. Se concluye que los análisis deterministas convencionales pueden resultar insuficientes para abordar la variabilidad, sugiriendo la adopción del análisis de confiabilidad para tomar decisiones más informadas en el diseño de estructuras geotécnicas.

Bases Teóricas

Muro de Contención

Un muro de contención es un componente constructivo permanente que actúa como estabilizador en terrenos desequilibrados, ya sean naturales o artificiales. Su función principal es resistir los esfuerzos horizontales generados por la presión del terreno, y generalmente se encuentra en la parte trasera del muro, es decir, en el lado interno del mismo. Estos muros no solo deben soportar cargas horizontales, sino también cargas verticales transmitidas por pilares,

paredes de carga y forjados que descansan sobre ellos. Por lo general, se construyen utilizando concreto armado (Terzaghi et al., 1996).

Un muro de contención debe retener materiales sólidos, como tierra. La impermeabilización y el drenaje son aspectos críticos para evitar la infiltración de agua desde el terreno hacia la estructura. Estos muros se diseñan para resistir los esfuerzos de flexión, lo que implica que deben ser construidos con concreto armado, y su estabilidad depende en gran medida de la resistencia de los materiales utilizados. Para asegurar que el muro no se doble, ni se desplace horizontalmente, ni se vuelque debido a las fuerzas ejercidas sobre él, se emplean configuraciones específicas de armaduras para resistir los esfuerzos de tracción y compresión que se generan en la flexión.

Conceptos de Muro de Contención

Según García (2013), un muro de contención es una estructura rígida diseñada para retener y contener materiales como suelo o agua, con el propósito principal de prevenir desbordamientos y evitar posibles accidentes o daños, según se explica en su tesis doctoral "Diseño y construcción de muros de contención de hormigón armado" de la Universidad Politécnica de Madrid. Estos muros se dividen en tres categorías según su método de construcción: muros de gravedad, que se sostienen por su propio peso; muros de contrafuerte, que incorporan contrafuertes para resistir fuerzas laterales; y muros de pantalla, que son delgados y se apoyan en una losa de cimentación. La elección del tipo de muro de contención más apropiado depende de diversos factores, incluyendo el material a contener, la altura del muro, las condiciones del terreno y el presupuesto disponible. Estas estructuras desempeñan un papel significativo en la seguridad y calidad de vida de las personas, encontrando aplicaciones en el control de la erosión, la protección de propiedades y la creación de espacios públicos, entre otros.

Clasificación de Muros de Contención

Los muros de contención son estructuras fundamentales en la ingeniería civil, clasificables según su construcción, el material utilizado y su función específica.

Según su Construcción

Muros de Gravedad. Estos muros son reconocidos por su simplicidad y eficiencia económica. Su estabilidad se deriva directamente de su propio peso, constituyendo una masa sólida de materiales como hormigón o piedra. El contrapeso que genera contrarresta las fuerzas laterales y de empuje del material circundante.

Muros de Contrafuerte. Diseñados con un contrafuerte en un lateral, estos muros incorporan una estructura vertical que se apoya en la pared y se extiende hacia el suelo. Esta adición proporciona estabilidad adicional al distribuir las fuerzas laterales de manera más efectiva a lo largo del muro.

Muros de Pantalla. Caracterizados por su delgadez, estos muros descansan sobre una losa de cimentación. La función principal de la losa es distribuir las fuerzas laterales a lo largo del terreno, mejorando significativamente la estabilidad del muro.

Muros de Diafragma. Estos muros, más anchos, también se apoyan en una losa de cimentación. Al igual que en los muros de pantalla, la losa cumple la función crucial de distribuir las fuerzas laterales de manera uniforme, asegurando así la estabilidad del muro.

Según el Material

Muros de Hormigón. Predominantes y versátiles, los muros de hormigón pueden ser de hormigón armado o prefabricado. Los primeros son más robustos, aunque también conllevan un costo adicional.

Muros de Piedra. Reconocidos por su resistencia y durabilidad, los muros de piedra ofrecen una solución sólida. Sin embargo, su construcción tiende a ser más costosa en comparación con alternativas de hormigón.

Muros de Mampostería. Construidos con ladrillos o bloques de piedra, estos muros son menos resistentes que los de hormigón o piedra, pero presentan una opción más económica.

Muros de Madera. Ligeros y económicamente viables, los muros de madera son una alternativa, aunque su resistencia es inferior en comparación con hormigón, piedra o mampostería.

Según su Función

Muros de Contención de Tierras. Ubicuos y esenciales, estos muros se emplean para contener taludes o pendientes. Su construcción varía según las características específicas del terreno y el presupuesto disponible.

Muros de Contención de Agua. Especializados en contener presas, canales o estanques, estos muros suelen adoptar formas de gravedad o contar con contrafuertes para resistir las presiones del agua

Muros de Contención de Residuos. Dirigidos a contener residuos sólidos o líquidos, estos muros, generalmente construidos con hormigón o mampostería, desempeñan un papel crucial en la gestión de desechos.

Proceso Constructivo de los Muros de Contención

El proceso constructivo de los muros de contención involucra varias etapas y actividades cruciales para asegurar su adecuado funcionamiento. Estas etapas se resumen de la siguiente manera:

- Trazo y replanteo. Incluye la transferencia de ejes y niveles desde los planos al terreno, así como la ubicación precisa de los elementos que conformarán la obra, siguiendo las especificaciones de los planos.
- Movimiento de tierras. Este proceso abarca la excavación, manipulación de material y transporte, ya sea excavado o de relleno, necesario para la construcción de los muros. También involucra la gestión del material excedente o no utilizado.
- Colocación de la armadura de la zapata. Después de realizar solados con concreto simple, se instalan los refuerzos de acero en las zapatas de los muros, que se encofrarán posteriormente.
- Colocación del encofrado de la zapata. Una vez instalada la armadura, se realiza el encofrado de la zapata con paneles fenólicos o madera, garantizando las dimensiones conforme a los planos y la capacidad de soportar el concreto que se verterá en su interior.
- Concreto en la zapata. Se lleva a cabo con el suministro, fabricación, transporte, vertido, vibrado, curado y acabado del concreto especificado en el proyecto, por lo general se aplica con una resistencia de 210 kg/cm^2 con cemento Portland. Este concreto será suministrado por una empresa concretera.
- Armado de acero en el muro de contención. Se procede a instalar los refuerzos horizontales del muro, estos a su vez se aseguran con los refuerzos verticales de acuerdo a los planos y especificaciones.
- Encofrado de la cara exterior e interior del muro. Se procede a encofrar las caras del muro con paneles fenólicos, teniendo en cuenta el recubrimiento del acero, las juntas a determinada distancia y el correcto aseguramiento para el vertido del concreto. Además, se colocan tuberías destinadas a evacuar el flujo de agua, con el fin de evitar encharcamiento, y filtraciones en el muro.

- Vaciado y vibrado del concreto. Al igual que en la zapata, el concreto se suministra desde una empresa concretera y se emplea una bomba tipo pluma en muchos muros para lograr un vertido uniforme, seguido de un adecuado proceso de vibrado.
- Drenaje. Se instala un sistema de drenaje para evitar el reblandecimiento del terreno y controlar los riesgos de modificación de la estructura del suelo y aumento de la presión en el muro.
- Desencofrado. La remoción de los encofrados se realiza después de 24 horas del vertido del concreto, con cuidado para permitir que el concreto asuma gradualmente las cargas debido a su propio peso. Se lleva a cabo un proceso de curado adecuado de las estructuras de concreto.
- Estas etapas y actividades son fundamentales en el proceso de construcción de muros de contención, garantizando su resistencia y estabilidad.

El Suelo

Desde el punto de vista de la ingeniería, el suelo se define como el material que se encuentra debajo de la superficie de la tierra y que puede ser utilizado como soporte para estructuras o como material de construcción. El suelo está formado por una mezcla de partículas sólidas, agua y aire. Las partículas sólidas pueden ser de origen mineral u orgánico. El espacio entre las partículas sólidas alberga tanto agua como aire. Por esta razón, los ingenieros civiles deben examinar las características del suelo, como su origen, distribución de partículas, capacidad de drenaje, compresibilidad, resistencia al corte y capacidad de carga, entre otros aspectos (Braja, 1985).

Actualmente, en la ingeniería geotécnica, los ingenieros de suelos aplican dos sistemas de clasificación ampliamente aceptados; el primero, conocido como el Sistema AASHTO (Asociación Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte) que utiliza

criterios específicos relacionados con la distribución de tamaños de partículas y propiedades plásticas de los suelos, y el segundo sistema, denominado SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) que también se basa en la distribución de tamaños de partículas y plasticidad, proporcionando un marco sistemático para la identificación y clasificación de suelos según su comportamiento geotécnico.

Ambos sistemas, AASHTO y el Sistema Unificado, son fundamentales en la práctica actual de la ingeniería geotécnica, facilitando la comunicación efectiva entre profesionales y proporcionando una base estructurada para la comprensión de las propiedades y el comportamiento de los suelos en diversas aplicaciones de ingeniería (Braja, 1985).

Sistema de Clasificación AASHTO. El Sistema de Clasificación AASHTO, según la descripción de Braja (1985), organiza los suelos en siete grupos principales, designados como A-1 al A-7. La diferenciación fundamental entre estos grupos radica en la naturaleza granular o fina de los materiales y su proporción relativa que pasa a través de la criba No. 200 (aproximadamente 0,075 mm).

En términos generales, los suelos asignados a los grupos A-1, A-2 y A-3 son predominantemente granulares, caracterizados por un contenido de partículas cuyo tamaño permite pasar menos del 35% por la criba No. 200. Estos materiales pueden consistir en gravas, arenas, o una combinación de ambas.

Por otro lado, los suelos clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 contienen partículas más pequeñas, pudiendo pasar más del 35% por la criba No. 200, y son principalmente de naturaleza limosa o arcillosa. Este grupo abarca una variedad de materiales finos, donde la plasticidad es un factor distintivo.

El sistema de clasificación se basa en varios criterios fundamentales, a saber:

Tamaño del Grano

- *Grava*: material que se retiene en la malla N° 10 (2 mm) U.S. y que pasa malla de 75 mm.
- *Arena*: fracción que pasa la malla N° 10 (2 mm) U.S. y que se retiene en la malla N° 200 (0,075 mm) U.S.

Plasticidad

- *Limoso*: son las partículas finas del suelo tienen un índice de plasticidad igual o menor a 10.
- *Arcilloso*: Son las partículas finas del suelo tienen un índice de plasticidad igual o mayor a 11.

Cantos Rodados

Si hay presencia de partículas mayores que 75 mm, se les denomina cantos rodados y no se consideran en la muestra que clasifica al material. Sin embargo, se registra el porcentaje de este material en la muestra total.

Este sistema proporciona una base detallada para la clasificación de suelos, facilitando la interpretación de sus propiedades geotécnicas y orientando las decisiones en proyectos de ingeniería y construcción.

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Braja (1985) aborda el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) como un marco esencial para organizar y clasificar suelos según sus propiedades geotécnicas. Este sistema, ampliamente adoptado en la ingeniería geotécnica, divide los suelos en dos grupos principales: gravas y arenas, y finos.

Dentro del grupo de gravas y arenas, se distinguen las gravas (g) y las arenas (s), cada una con subdivisiones que indican su nivel de graduación. Por otro lado, el grupo de finos comprende arcillas (c), limos (m) y materiales orgánicos (o), cada uno caracterizado por propiedades específicas de tamaño de partícula y comportamiento geotécnico.

El USCS utiliza símbolos de índice para proporcionar información detallada sobre la gradación del suelo. Por ejemplo, los símbolos C_u y C_c se utilizan para describir la curva de granulometría, mientras que los símbolos M y C indican suelos con alto contenido de limo y arcilla, respectivamente.

Adicionalmente, este sistema de clasificación incluye descriptores especiales para características particulares, como la presencia de cantos rodados y boleos, que se excluyen de la porción de la muestra que se está clasificando, aunque su porcentaje se registra para una comprensión más completa del suelo.

El enfoque sistemático de Braja M. Das en la aplicación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, proporciona a los ingenieros geotécnicos una herramienta coherente y efectiva para la identificación y comprensión de las propiedades geotécnicas de los suelos, facilitando así el diseño y la construcción de estructuras en entornos geotécnicos diversos.

Definición de Términos Básicos

Acero de Refuerzo

El acero de refuerzo es un material de acero en varillas con corrugas o liso, esencial en construcción utilizado para reforzar el concreto. Consiste en insertar varillas de acero en el concreto antes de que se endurezca. Su función principal es proporcionar resistencia a la tensión, una fuerza que tiende a separar las partes de un material. Aunque el concreto es fuerte en compresión, es débil en tensión, y el acero de refuerzo compensa esta debilidad, permitiendo al concreto soportar cargas más significativas.

Concreto Armado

Es un material compuesto por la combinación de dos materiales; el concreto y el acero de refuerzo. Está diseñado para soportar cargas y adicionar mayor resistencia al concreto. El

concreto es un material compuesto por cemento, agregados, aditivos y agua, mientras que el acero de refuerzo es una varilla o malla de acero que se coloca dentro del concreto.

Muro en Voladizo

Es una estructura vertical que se extiende horizontalmente más allá de su base de apoyo, dejando una porción significativa suspendida en el aire. Se utiliza en ingeniería estructural para proporcionar soporte en áreas donde no se puede contar con un soporte continuo en la parte inferior del muro, como balcones o aleros. La estabilidad y seguridad de estos muros dependen de un diseño cuidadoso y análisis estructural para resistir las cargas y fuerzas. (ACI, 2022).

Dentellón

El dentellón o tacón es una proyección horizontal que se extiende en la base de un muro de contención, con el propósito de aumentar la resistencia al deslizamiento del mismo, proporcionando una superficie mayor para que actúen las fuerzas de fricción. Torres (2008).

Estudio de suelos

Un estudio de suelos, es un análisis detallado del subsuelo en un lugar específico donde se planea realizar una construcción. Este tipo de estudio es primordial en proyectos de ingeniería civil, ya que proporciona información importante sobre las características físicas y mecánicas del suelo.

Capacidad Portante

Es la capacidad máxima del suelo que puede resistir sin fallar. Es una medida de resistencia del suelo a la compresión, debido a las presiones de cargas sometidas, y es un factor a tener en cuenta para controlar posibles fallos del terreno y el asentamiento.

Verificación por Volteo

Es un procedimiento para asegurar que un muro de contención no experimente un vuelco. Este riesgo surge cuando el momento de las fuerzas del muro que intentan producir volteo supera el momento de las fuerzas que trabajan para mantenerlo estable. Esta verificación por volteo se realiza para garantizar las condiciones de estabilidad del muro.

Verificación por Deslizamiento

Es un procedimiento para asegurar que el muro no se deslice debido a las cargas horizontales de empuje que actúan. El muro de contención puede deslizarse si la fuerza de fricción que existe entre la base del muro y el suelo es menor que la fuerza horizontal que empuja el muro.

Propuesta de Solución

La propuesta de solución del presente trabajo de suficiencia profesional consiste en realizar el diseño de un muro de contención con dentellón en el pasaje Matapalo con el objetivo de incrementar la seguridad ante deslizamientos.

Metodología de la Solución

La metodología utilizada en el presente trabajo es de tipo aplicada, por la integración de una solución óptima para mejorar el funcionamiento vial. Respecto al diseño, se seguirán los procedimientos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones RNE-060. Asimismo, se aplicarán nuevas técnicas como la implementación de un dentellón en el muro de contención con el objetivo modificar el diseño que logre adaptarse a las nuevas características del terreno.

Proyecto de Solución

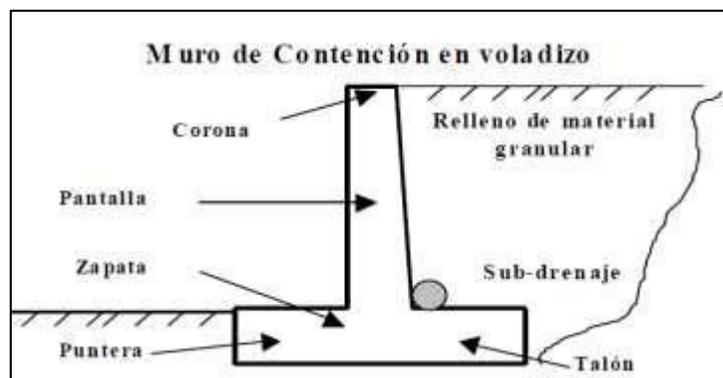
Se ha determinado implementar un muro de contención con dentellón, debido a conflictos limítrofes con terrenos adyacentes a la vía, además el dentellón reemplazará la puntera del muro de contención en voladizo. Esta decisión se fundamenta en la necesidad de mejorar la estabilidad de la vía y evitar cualquier interferencia con terrenos privados.

Diseño de Muro en Voladizo

Este tipo de muro está diseñado para resistir la presión del suelo utilizando una especie de "efecto voladizo", y que es recomendable aplicar hasta los 8.00 metros de altura. Esto se logra mediante una pantalla vertical que está empotrada en una base horizontal (zapata). Ambas partes del muro están fortalecidas de manera sólida para enfrentar las tensiones y fuerzas laterales a las que puedan estar sometidas. En otras palabras, se construye de manera resistente para aguantar la presión del suelo y otros desafíos sin comprometer su estabilidad.

Figura 2

Muro de contención en voladizo

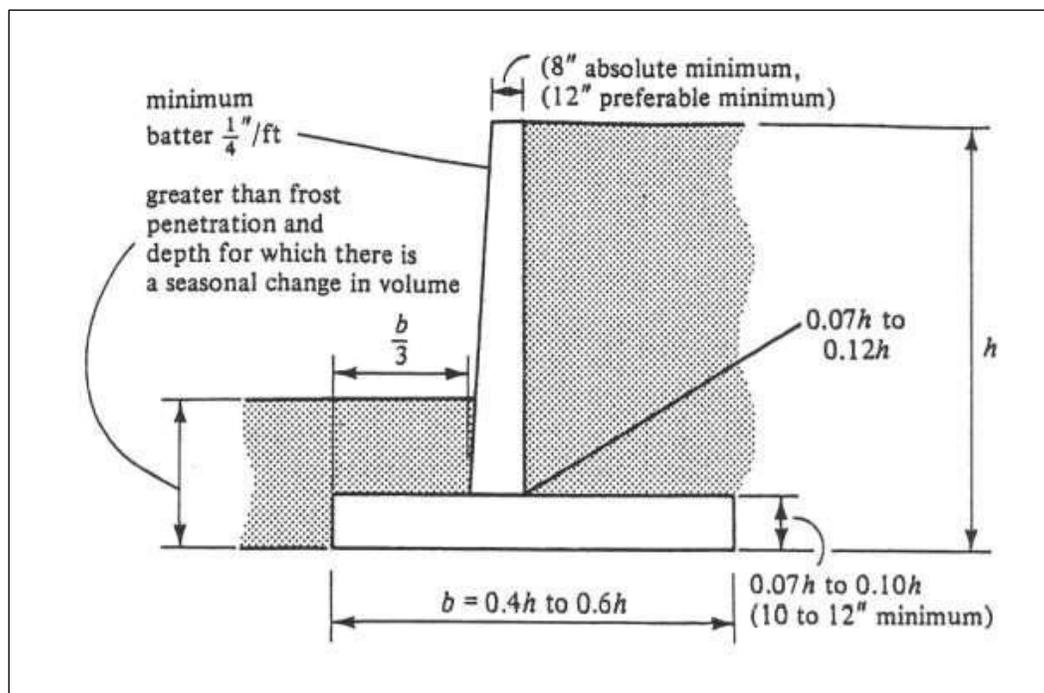


Nota. Componentes de un muro de contención en voladizo. Torres Belandria (2008)

Predimensionado del Muro. Para el predimensionado del muro de contención en voladizo se debe tener en cuenta que el espesor de la pantalla en la parte superior debe adoptar un valor mínimo de 0.20 metros, o hasta los 0.30 metros, según indica Torres (2008).

Por otro lado, Ricardo (2009) recomienda que para alturas mayores a 4 metros se deba tener una pantalla con mismo espesor debido a los costos que involucra realizar el encofrado en una sección variable. En la figura 3 se muestran las dimensiones próximas al diseño.

Estabilidad del Muro. Previo al análisis de estabilidad, se determinan las cargas que actúan en la pantalla del muro de contención en voladizo, tales como el empuje del relleno, el peso propio de la estructura, el peso del relleno, las cargas y sobrecargas, con el fin de obtener valores exactos que ayudaran a las verificaciones correspondientes, según lo estipula el RNE E-050 o el código ACI 318S.

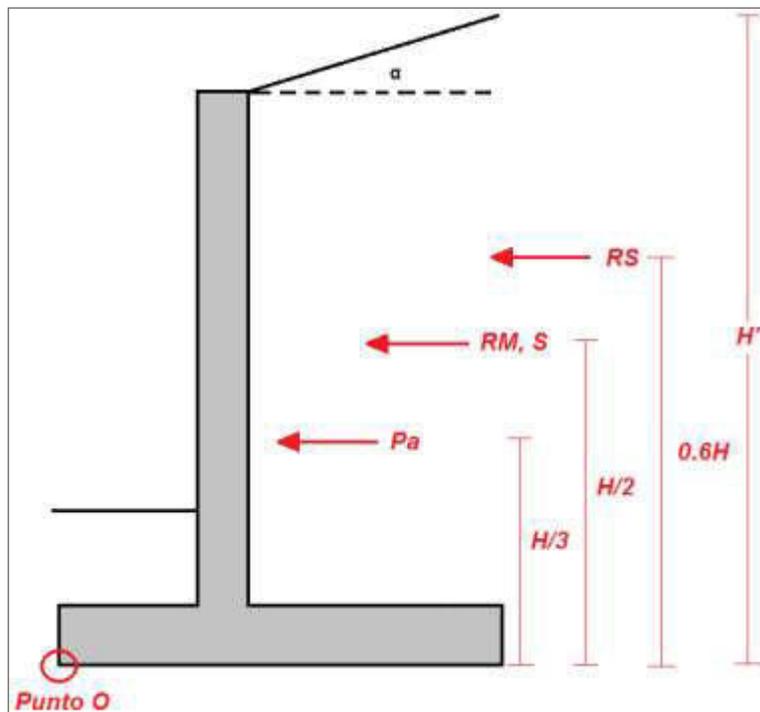
Figura 3*Predimensionado de muro en voladizo*

Nota. Dimensiones para un inicio de diseño y posterior verificación. Ricardo (2009)

Estabilidad del Muro por Volteo. Campos (2010) indica que las masas de suelo no solo ejercen una carga vertical sobre un muro de contención, sino que también generan una fuerza horizontal que puede hacer que el muro se incline. Esta fuerza llamada presión activa del suelo, deberá ser calculada para determinar la fuerza total que puede causar el volcamiento. Además, se deben sumar la fuerza horizontal debida al sismo del suelo, la resultante del sismo en el muro y la resultante de las sobrecargas. En la siguiente figura se muestran las fuerzas que inciden en el volcamiento.

Figura 4

Fuerzas que actúan en el muro



Nota. Fuerzas que actúan y provocan volcamiento en el muro (Campos, 2010)

Para realizar el análisis, primero se calcularán los momentos resistentes $\sum M_r$ del muro que se generan debido al peso del muro y el suelo en el punto “O”. Por otro lado, también se calcularán los momentos actuantes $\sum M_a$ que originan el vuelco del muro, una vez que es obtenido el valor de los momentos, se procede a calcular el factor de seguridad de la siguiente manera:

$$FSV = \frac{\sum M_r}{\sum M_a} \geq 1.50$$

Donde:

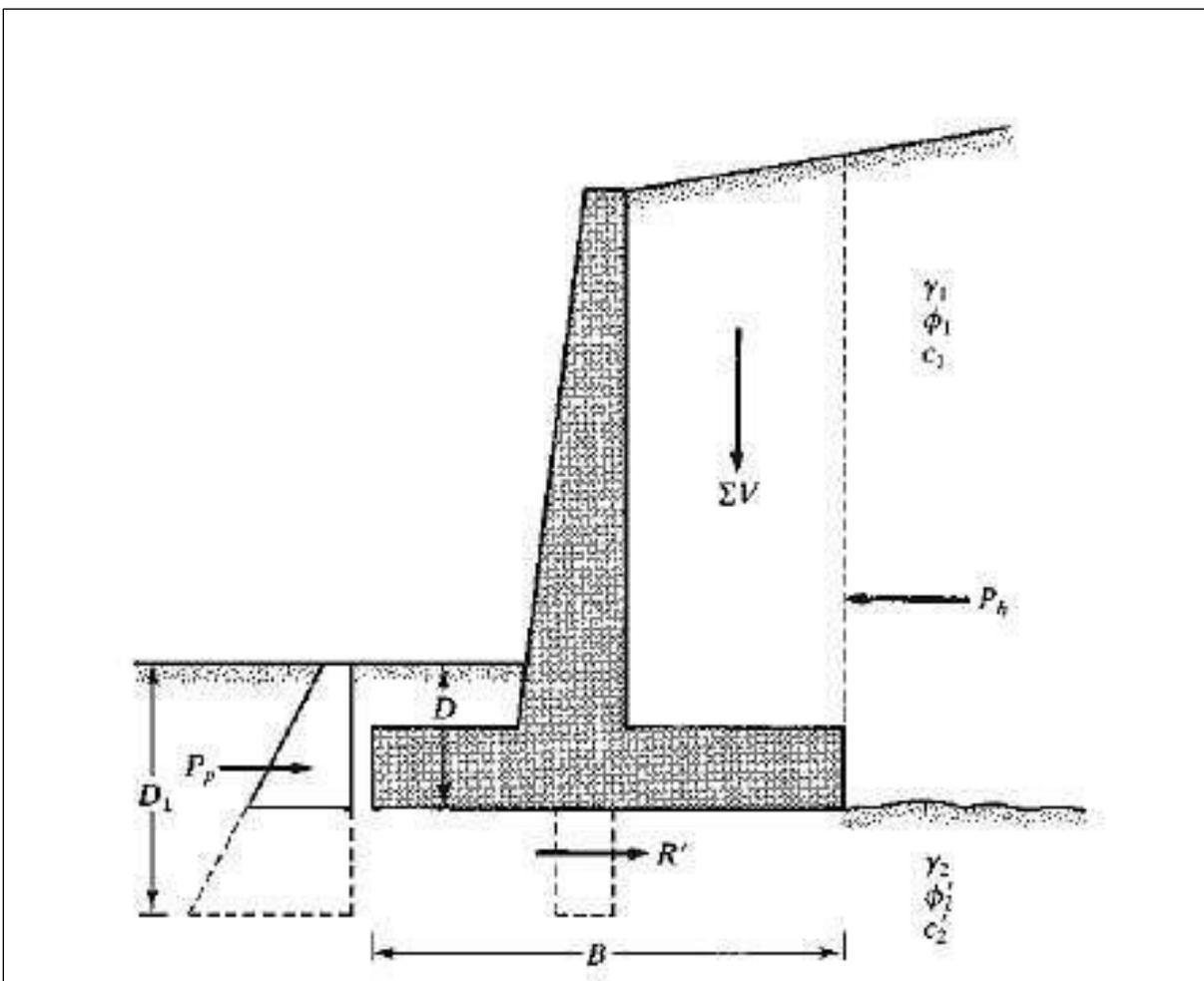
$\sum M_r$ = sumatoria de momentos que resisten al vuelco respecto al punto ‘O’.

$\sum M_a$ = sumatoria de momentos actuantes que originan vuelco respecto al punto ‘O’.

Estabilidad del Muro por Deslizamiento. Según Das (2015), se establece la necesidad de un factor de seguridad mínimo de 1.5 contra el deslizamiento. En diversas situaciones, la fuerza pasiva se omite al realizar el cálculo del factor de seguridad en relación al deslizamiento, para incrementar la seguridad al diseño. A continuación, se muestra la figura 5 que indica la resistencia que presenta el suelo con respecto al deslizamiento.

Figura 5

Fuerzas actuantes en el muro que ocasionan el deslizamiento



Nota. La figura muestra el deslizamiento del muro respecto al suelo. Das (2015)

La figura anterior muestra las fuerzas que actúan para que se origine el deslizamiento, además indica incrementar la resistencia al deslizamiento implementando un dentellón en la base del muro. Para la verificación al deslizamiento se debe considerar que el factor de seguridad al deslizamiento FSD debe ser igual o mayor que 1.5, según lo estipula la normativa peruana E-050.

$$FSD < \frac{\mu N}{E_a}$$

Donde:

FSD = Factor de seguridad al deslizamiento.

μ = Coeficiente de fricción del suelo.

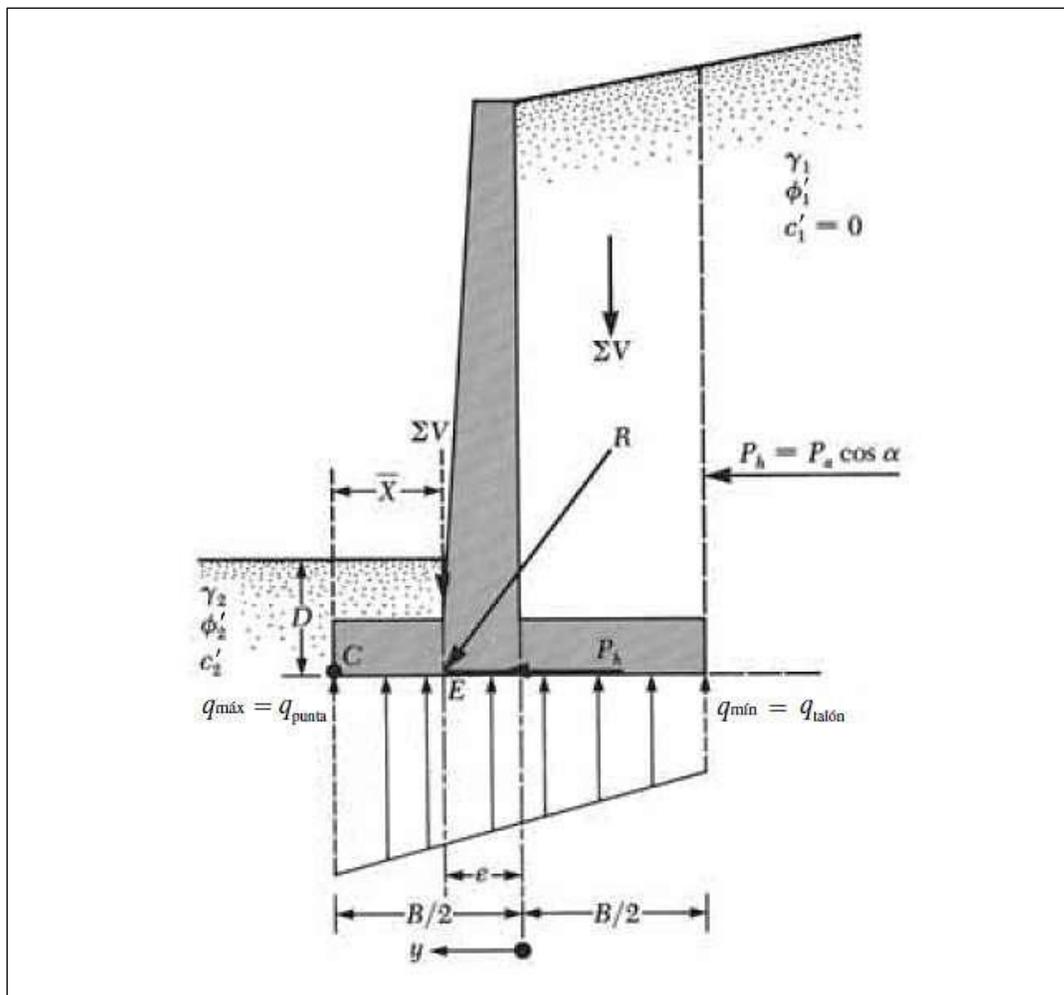
N = Peso del muro.

E_a = Empuje activo del relleno.

Control de Presiones de Contacto. Das (2015) indica que es necesario comparar la presión vertical transmitida al suelo por la losa de base de un muro de contención con la capacidad última de carga del suelo. Es importante considerar que la presión máxima y mínima se genera en los extremos de las secciones de la punta y el talón del muro. Las magnitudes de q_{max} y q_{min} son importantes para evaluar la estabilidad y capacidad de carga del suelo bajo la losa de base del muro y se determinan de la siguiente manera:

Figura 6

Fuerzas que actúan sobre la base del muro



Nota. Comprobación de falla de la capacidad de carga del muro (Das, 2015)

Se debe cumplir que la carga admisible del terreno debe ser mayor que la carga máxima de contacto que genera el muro a través del terreno (Torres, 2008).

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{max}$$

$$\sigma_{adm} \leq \frac{q_{ult}}{FS_{cap.portante}}$$

De esa manera, Torres (2008) afirma que en muros convencionales, la fuerza resultante de la presión del suelo debe estar ubicada en el tercio medio de la base para garantizar que toda el área quede teóricamente sujeta a compresión. Es fundamental no exceder la resistencia admisible del suelo. La excentricidad (distancia desde el centro de la base del muro) de la fuerza resultante vertical no debe superar la sexta parte del ancho de la base. Si esta excentricidad excede ese límite, el diagrama de presiones puede cambiar de trapezoidal a triangular. En este caso, se permite la redistribución de presiones para que la resultante coincida con el centro de gravedad del triángulo de presiones, asegurando la estabilidad del muro. Para ello se verificará de la siguiente manera:

$$e_x = \left(\frac{B}{2} - X_r \right)$$

$$X_r = \frac{M_e - M_v}{R_v}$$

Donde X_r es el valor de la resultante, cuyo valor se obtiene de la medida desde la cara inferior de la puntera del muro.

Si: $e_x \leq B/6$, entonces:

$$q_{\text{máx}} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right)$$

$$q_{\text{mín}} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right)$$

Si: $B/6 \leq e_x \leq B/2$, entonces:

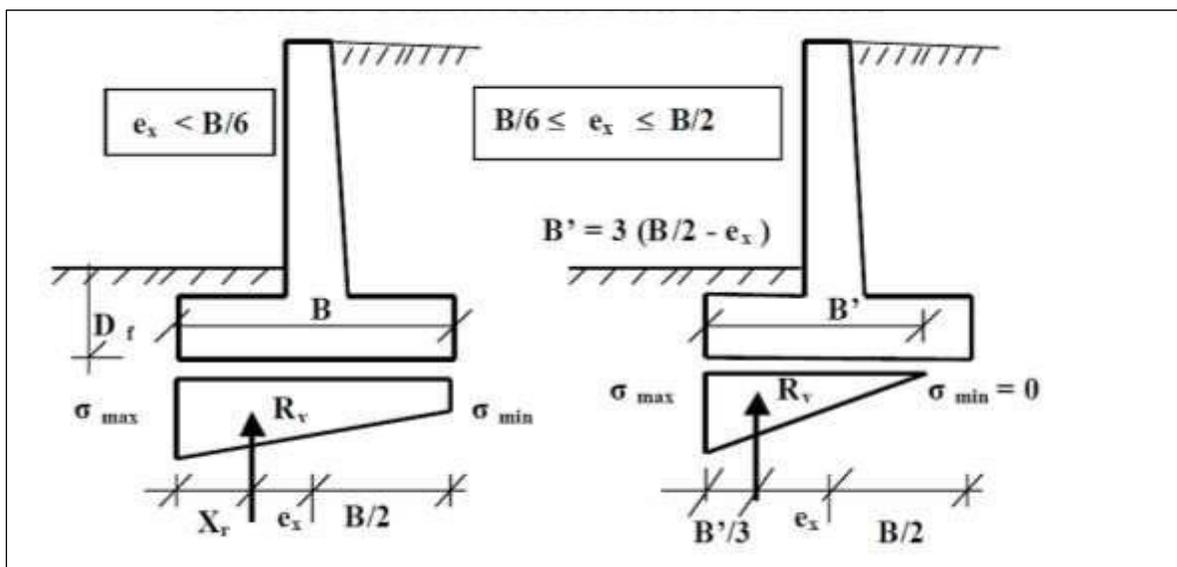
$$\sigma_{\max} = \frac{2 \cdot R_v}{3 \cdot \left(\frac{B}{2} - |e_x| \right)}$$

$$\sigma_{\min} = 0$$

Lo que significa, que es recomendable que la excentricidad se ubique dentro del tercio medio, de esa manera se uniformizan las presiones de contacto sobre el terreno. Asimismo, disminuyen los efectos de asentamiento diferencial, que se generan entre el talón y puntera del muro. En la figura siguiente, se muestran los dos casos anteriores:

Figura 7

Presiones de contacto entre muro - suelo de fundación



Nota. Presiones de contacto entre muro – suelo de fundación (Torres, 2008)

En síntesis, se propone dos criterios fundamentales para dimensionar la base de un muro:

- La distancia desde el centro de la base hasta la excentricidad de la fuerza resultante no debe ser mayor a una sexta parte del ancho total de la base del muro.

- La máxima presión de contacto entre el muro y el suelo de fundación no debe exceder la capacidad de carga admisible del suelo.

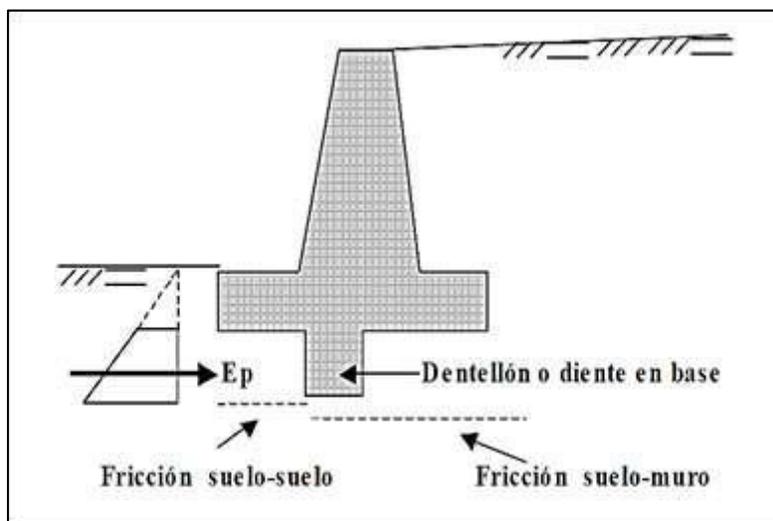
Además, según las recomendaciones de la norma AASHTO 2002, la profundidad de la fundación D_f deberá ser superior a 0.60 m en suelos firmes y sólidos. En otros casos, así como en terrenos inclinados, la profundidad de fundación debe ser mayor a 1.20 m.

Incumplimiento de las Condiciones de Estabilidad. Si el muro no cumple con los requisitos de estabilidad ante el volcamiento, o no satisface las presiones de contacto necesarias, se debe ajustar su diseño, redimensionándolo para aumentar el tamaño de la base.

Torres (2008) afirma que si la estabilidad frente al deslizamiento no se cumple, es necesario ajustar el diseño del muro. Una alternativa es la incorporación de un dentellón que penetre en el suelo, esto modifica la fricción entre el suelo y el muro, transforma parcialmente en fricción entre las capas de suelo, generando así un empuje pasivo contra el dentellón.

Figura 8

Implementación de un dentellón en la base del muro



Nota. Muro de contención con dentellón en la base (Torres, 2008)

Si el dentellón es muy corto, existe una probabilidad de que el empuje pasivo del terreno supera a la fuerza de roce adicional que genera el dentellón. En estas circunstancias, esta fuerza se puede determinar únicamente evaluando la resistencia pasiva. Por otro lado, si el muro de contención se apoya en un suelo rocoso, el uso del dentellón se destaca como un método efectivo para incrementar la resistencia al deslizamiento.

Verificación por Resistencia a Corte del Concreto. En la base de la pantalla y zapata del muro se realizará con la siguiente fórmula propuesta por la norma ACI 318S.

$$\phi V_c = \phi 0.53\sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde:

ϕV_c = Resistencia a corte del concreto

f'_c = Resistencia del concreto

b = Unidad por franja de 1m de muro

d = Peralte efectivo

Por consiguiente, se debe cumplir que la fuerza de corte última debe ser menor que la resistencia a corte del concreto.

$$V_u < \phi V_c$$

Diseño por Flexión de la Pantalla del Muro. Para calcular el acero por flexión en la pantalla del muro, primero se deben calcular los momentos con sus respectivas combinaciones de carga, según estipula el RNE E-060.

- $U = 1,4 CM + 1,7 CV$
- $U = 1,25 (CM + CV) \pm CS$
- $U = 0,9 CM \pm CS$
- $U = 0,9 CM + 1,7 CE$

Luego se calcula el área de acero con el siguiente procedimiento:

$$As = \frac{Mu}{\phi * f_y * 0.9 * d}$$

$$a = \frac{As * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

$$As_d = \frac{Mu}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

Una vez calculado el acero vertical, se realiza el cálculo del acero longitudinal del muro, el cual se instala con la finalidad de compensar las variaciones de temperatura en el concreto.

Diseño por Flexión del Dentellón del Muro. Para calcular el área de acero, se realiza por flexión según la norma ACI 318S de la siguiente manera.

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2Mu}{\phi * 0.85 * f'_c * b}}$$

$$As_d = \frac{0.85 * f'_c * b * a}{f_y}$$

Diseño por Flexión del Talón del Muro. Para calcular el área de acero, se realiza por flexión según la norma ACI 318S de la siguiente manera.

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2Mu}{\phi * 0.85 * f'_c * b}}$$

$$As_d = \frac{0.85 * f'_c * b * a}{f_y}$$

También se debe calcular el área de acero mínimo, y se debe optar por el valor más favorable para el diseño. Esto aplica para cada elemento del muro, y cuyo valor se calcula de la siguiente manera:

$$As_{min} = 0.0018 * b * d$$

Desarrollo de la Solución

Nombre del Proyecto

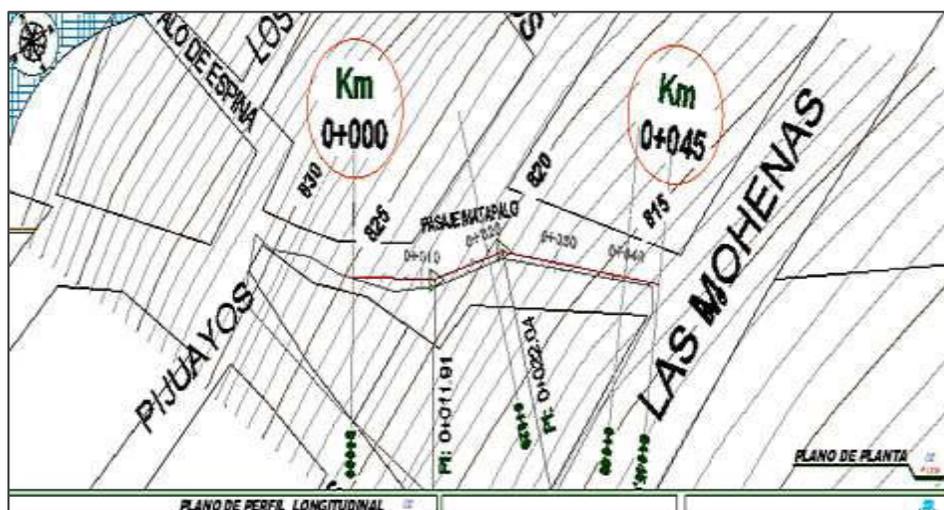
El proyecto se denomina: “Construcción de muro de contención en el pasaje Matapalo del sector Alto Capelo, distrito de Chanchamayo, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín”.

Ubicación

El proyecto se sitúa en el pasaje Matapalo y pasaje Los Achiotos del sector Alto Capelo, dicho tramo es perteneciente a la vía vecinal ubicada en el departamento de Junín, provincia de Chanchamayo, distrito de Chanchamayo. Este distrito se encuentra al sureste de la región de Junín.

Figura 9

Ubicación del proyecto



Nota. Levantamiento topográfico del proyecto

Situación actual

El presente proyecto se origina con las reuniones de trabajos y entrevistas con los representantes de las juntas vecinales involucradas. Se plantea mejorar las condiciones de

bienestar de la población, a través de una eficiente prestación de los servicios para incrementar los niveles de seguridad de la vía, viviendas y sus ocupantes, ante el deslizamiento y erosión de taludes que pudieran ocurrir en el pasaje Matapalo y pasaje Los Achiotes del sector Alto Capelo del distrito de Chanchamayo - Chanchamayo.

Para ello, se plantea implementar un muro de contención en voladizo, para evitar la inestabilidad del terreno en un tramo de 16 metros lineales, con una resistencia de concreto de 210 kg/cm^2 , con dimensiones adaptadas de acuerdo a las características geotécnicas y topográficas del terreno, de esa forma se busca solucionar el problema, mediante cálculos exactos y precisos, respetando la normativa y los criterios básicos para el diseño.

Figura 10

Situación del Sector Alto Capelo



Nota. Elaboración propia

Estudios Básicos

Estudio Geotécnico. El estudio de mecánica de suelos fue realizado por el Laboratorio Silver Geo SAC, donde se realizaron 03 calicatas de exploración a cielo abierto, con profundidades de 1.00m a 1.20m, con el objetivo de la ejecución de ensayos de campo y ensayos de laboratorio. El estudio realizado obtuvo la clasificación de suelos (SUCS), perfiles estratigráficos, cálculo de capacidad portante y análisis de cimentación.

Tabla 1

Clasificación de suelos SUCS

Según estudio de mecánica de suelos					Verificación en campo	
N° calicata	Ubicación	SUCS	Grafico	Tipo	Gravas	Características del suelo
CALICATA -01	Pasaje matapalos	SC		Terreno normal	Presencia de gravas en 10% (gravas menores a 3” de diámetro)	El material predominante es arena mezclada con grava y arcilla, asimismo cerca a la excavación existe rocas mayores a los 20”.
CALICATA - 02, 03	Pasaje matapalos	CL		Terreno normal	Presencia de gravas menores a 6” de diámetro	El material predominante es arcilla mezclada con arena y grava.

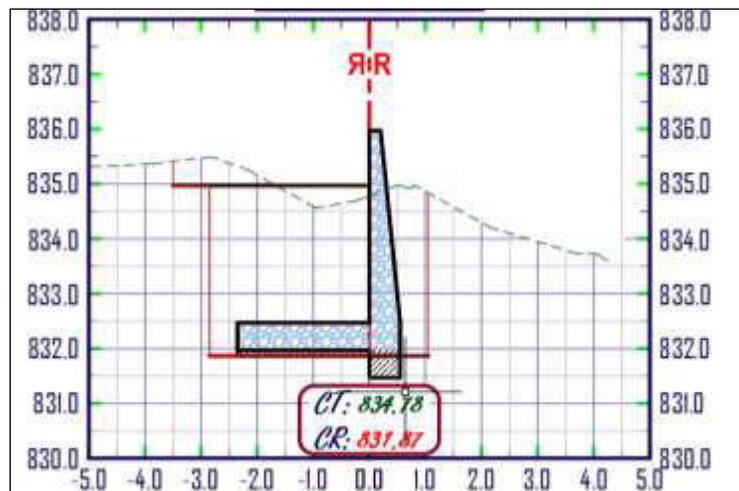
Nota. Elaboración propia

En la tabla anterior se muestran las características del suelo, donde en la calicata 01, el material que predomina es la arena y grava, existen rocas mayores a 20” cerca a la excavación. Por otro lado, las características de la calicata 02 y 03 son similares y presentan grava, arena y arcilla. Respecto a la capacidad admisible del terreno, se considera el valor de 15.2 tn/m², según el cálculo de Capacidad admisible por Terzagui y Peck. Datos incluidos en Anexo.

Estudio Topográfico. Para el estudio topográfico realizado en la zona de implementación del muro de contención con dentellón, se llevó a cabo el levantamiento topográfico con el fin de obtener información sobre las características planimétricas y altimétricas del terreno, de esa manera ubicar e implementar el muro de contención, y realizar sucesivamente los cálculos para el diseño.

Figura 11

Sección del muro de contención



Nota. Sección del muro de contención, datos obtenidos mediante el levantamiento topográfico y trabajo de gabinete en programa civil 3D del proyecto.

Finalmente se concluye que el desnivel que existe entre la vía y el pie de talud, es de 3.50 metros, dicho valor es utilizado para realizar el predimensionado del muro de contención con dentellón.

Diseño de Muro de Contención con Dentellón

Para el diseño del muro de contención con dentellón se tomaron los siguientes datos:

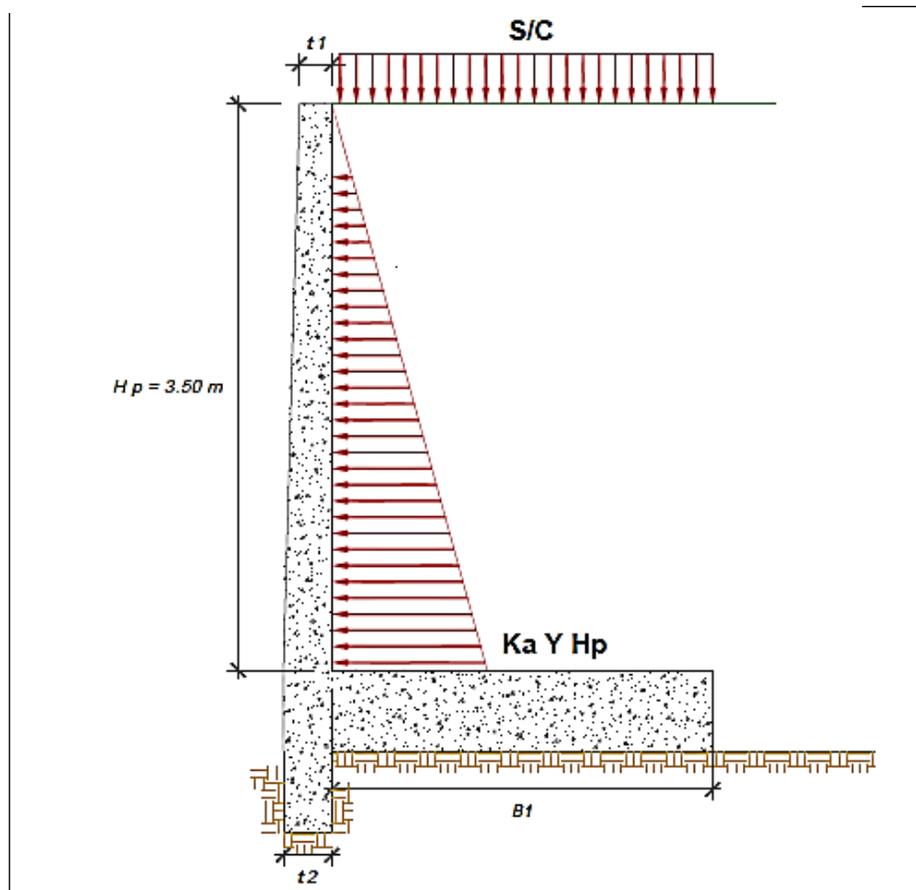
Tabla 2

Datos para el desarrollo del diseño del muro de contención

Descripción		
Resistencia del concreto	$F'c =$	210 kg/cm ²
Esfuerzo de fluencia del acero	$F'y =$	4200 kg/cm ²
Peso específico del suelo de relleno	$\gamma s =$	1.80 tn /m ³
Peso específico del concreto	$\gamma c =$	2.40 tn/m ³
Ángulo de fricción interna del suelo	$\Phi s =$	26.40°
Capacidad portante del suelo	$\sigma_t =$	1.52 kg/cm ²
Altura del muro	$H_p =$	3.50 m
Factor de seguridad al deslizamiento	$FSD =$	1.5
Factor de seguridad al volteo	$FSV =$	1.5
Sobrecarga	$S/c =$	0.20 tn/m ²
Coefficiente de fricción de deslizamiento	$\mu =$	0.45

Nota. Elaboración propia

Dimensionamiento de la Pantalla. Según Torres (2008), el valor mínimo de la corona debe ser no menor a 20 cm, debido a la trabajabilidad y correcto colocado del acero.

Figura 12*Predimensionado del muro*

Nota. Elaboración propia

Para el dimensionamiento de la pantalla se asumió el valor de la corona $t_1 = 0.20$ metros, como valor mínimo del diseño. De esa manera se obtiene el valor de la base t_2 , como en el siguiente procedimiento:

Tabla 3

Procedimiento para calcular el espesor de la garganta o base de la pantalla t_2 .

Formulas aplicadas	Resultados
$k_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$	$k_a = 0.38443$
$P = \frac{1}{2} k_a \gamma h_p^2$	$P = 4.23837 \text{ tn}$
$P_{s/c} = k_a * h_p * S/c$	$P_{s/c} = 0.2691 \text{ tn}$
$M = P \frac{h_p}{3} + P_{s/c} \frac{h_p}{3}$	$M = 5.25872 \text{ tn} \cdot \text{m}$
$M_u = 1.7M$	$M_u = 8.93982 \text{ tn} \cdot \text{m}$
$M_u = \Phi b d^2 f'_c \omega (1 - 0.59\omega) \dots (1)$	<i>Se reemplaza en ec. "1"</i>
$\omega = \rho * \frac{f_y}{f'_c}$	$\omega = 0.096$
$d = \sqrt{\frac{M_u}{\Phi b f'_c \omega (1 - 0.59\omega)}}$	$d = 25.0351 \text{ cm}$
$t_2 = d + r + \frac{\Phi_{acero}}{2}$	$t_2 = 29.6701 \text{ cm}$

Para el cálculo de t_2 se considera,
 recubrimiento $r = 4 \text{ cm}$, Diámetro de acero
 de $1/2'' = 1.27 \text{ cm}$.

Nota. Elaboración propia

Finalmente, el valor del ancho de la base de pantalla se opta $t_2 = 0.30 \text{ m}$. cuyo valor se emplea para modificar el valor del peralte efectivo, que toma un nuevo dato $d = 25.365 \text{ cm}$.

Verificación de la Pantalla por Corte

Cálculo de Fuerza Cortante Última. Para el cálculo de la fuerza cortante última se tomarán datos del valor nuevo del peralte efectivo, $d = 25.365$ cm.

$$V_{du} = 1.7V_d = 1.7 \left(\frac{1}{2} \right) \gamma_s k_a (h_p - d)^2$$

$$V_{du} = 1.7V_d = 1.7 \left(\frac{1}{2} \right) \times 1.8 \times 0.38443 (3.50 - 0.025365)^2 = \mathbf{6.19872 \text{ tn}}$$

Cálculo de Resistencia del Concreto a Fuerza de Corte. Para el cálculo de la fuerza de corte se usarán datos de factor de reducción $\emptyset = 0.85$ y base del muro $b = 100$ cm, debido al análisis del muro en un metro.

$$\emptyset V_c = \emptyset 0.53 \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$\emptyset V_c = 0.85 \times 0.53 \sqrt{21000} * 1 * 0.25365 = \mathbf{15.1164 \text{ tn}}$$

Verificación de Fuerza Cortante Última con la Fuerza Cortante de Resistencia al Concreto. Se debe cumplir que la resistencia del concreto a corte $\emptyset V_c$ debe ser mayor que la fuerza cortante última V_{du} según lo estipula el RNE E-060.

$$V_{du} < \emptyset V_c$$

$$6.19872 < 15.1164 \dots \dots \dots \mathbf{¡ Correcto!}$$

Aplicando las fórmulas correspondientes y de acuerdo a los datos de diseño se obtiene que la fuerza cortante última **es menor** que la resistencia de concreto a corte, por lo cual se continúa con el diseño.

Dimensionamiento de la Zapata. Para el dimensionamiento de la zapata del muro de contención, se opta por plantear un dentellón a cambio de la puntera, esto a fin de solucionar problemas de colindancia con los terrenos aledaños a la construcción del muro.

Altura de la Zapata. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$h_z = \frac{H}{10} \quad h_z = \frac{3.5}{10} = 0.35 \text{ m} \quad * \text{ se optara el valor } h_z = \mathbf{0.50 \text{ m}}$$

Ancho de la Base del Muro. Se hallará el valor del ancho de la base con la siguiente fórmula:

$$B = 0.65 H \quad B = 0.65 \times 4 = 2.60 \text{ m} \quad * \text{ se optará el valor de } \mathbf{B = 2.65 \text{ m}}$$

Ancho del Talón del Muro. Dicho valor se obtiene considerando el peso específico del relleno saturado $\gamma_m = 2 \text{ tn/m}^3$.

$$B_1 \geq \text{FSD} \frac{k_a \gamma_s}{2\mu \gamma_m} \times H$$

$$B_1 \geq 1.5 \times \frac{0.38445 \times 1.8}{2 \times 0.45 \times 2} \times 4 = 2.3066$$

Para el valor del ancho del talón se optará $\mathbf{B_1 = 2.35 \text{ metros}}$

Dimensionamiento del Dentellón del Muro de Contención. El dentellón de un muro de contención es una estructura construida en la base, con el fin de adicionar resistencia al deslizamiento. Para el dimensionamiento del dentellón se hará con el siguiente procedimiento:

Ancho del Dentellón. Para calcular el ancho del dentellón se halla la diferencia de la base del muro con el ancho del talón.

$$B_3 = B - B_2 \quad B_3 = 2.65 - 2.35 = \mathbf{0.30 \text{ m}}$$

Altura del Dentellón. Para calcular la altura del dentellón se halla de la siguiente manera:

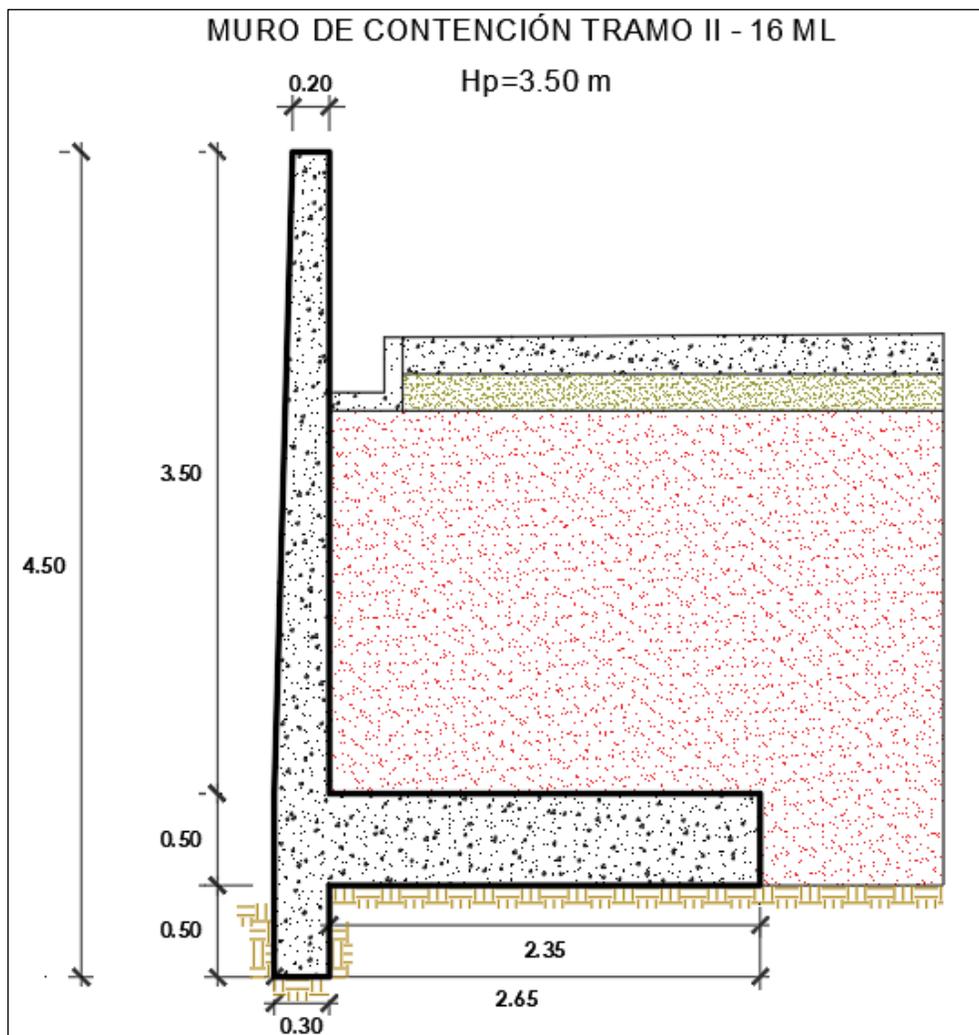
$$H_D = 0.1 H$$

$$H_D = 0.1 \times 4 = 0.40 \quad * \text{ se optara el valor de } H_D = \mathbf{0.50 \text{ m}}$$

A partir del dimensionamiento se obtiene el muro de contención con dentellón con las siguientes medidas:

Figura 13

Dimensiones del muro de contención

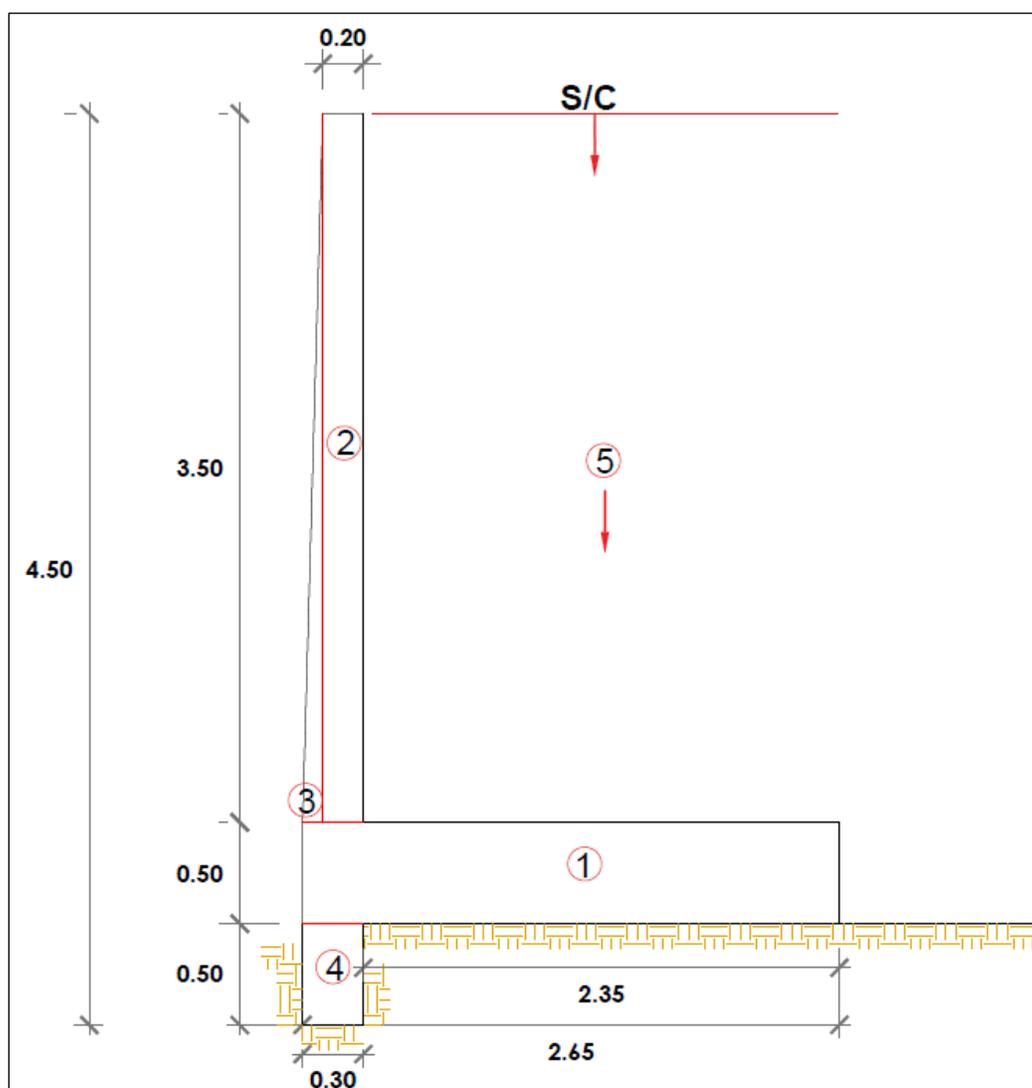


Nota. Elaboración propia

Verificación de la Estabilidad del Muro de Contención. De acuerdo a las dimensiones establecidas, se procede a calcular el peso de la estructura considerando el peso del relleno y la sobrecarga, en la siguiente figura se muestra el despiece del muro en diferentes secciones para un mejor cálculo.

Figura 14

Despiece del muro en secciones para calcular los pesos y momentos



Nota. Elaboración propia

De la misma manera se determinarán los pesos y momentos en una unidad de longitud del muro de cada elemento, tales como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4

Pesos de la estructura del muro de contención

Sección	Ancho	Alto	Área	P. específico	Peso del muro	Brazo de giro	Momento resistente
P1	0.50	2.65	1.325	2.4	3.18	1.33	4.214
P2	0.20	3.5	0.7	2.4	1.68	0.20	0.336
P3	0.10	3.5	0.175	2.4	0.42	0.07	0.028
P4	0.50	0.3	0.075	2.4	0.18	0.15	0.027
P5	2.35	3.5	8.225	1.8	14.805	1.48	21.837
Ps/c		2.35	2.35	0.2	0.47	1.48	0.693
					N = 20.74		Mr = 27.135

Nota. Elaboración propia

Verificación del Muro por Deslizamiento. En este punto se evaluará si el muro de contención no sufrirá deslizamiento, para ello se considera un factor de seguridad de 1.5, valor recomendado por la normativa peruana E-050.

$$E_a = \frac{1}{2} k_a * \gamma * h^2$$

Donde:

E_a = Empuje activo

k_a = Coeficiente de empuje activo

γ = Peso específico del relleno

h = Altura total del muro = 4.00 metros

FSD = Factor de seguridad al deslizamiento

μ = Coeficiente de fricción del suelo

N = Peso de la estructura

De esa forma:

$$E_a = \frac{1}{2} \times 0.48443 \times 1.8 \times 4^2 = 5.53583$$

Se reemplaza en:

$$\text{FSD} < \frac{\mu N}{E_a} \quad \text{FSD} < \frac{0.45 \times 20.74}{5.53583} = 1.68552$$

Se debe cumplir:

$$\text{FSD} < \frac{\mu N}{E_a} \quad 1.5 < 1.68552 \quad \text{¡Correcto, no se desliza!}$$

Verificación de Estabilidad del Muro por Volteo. Para la verificación de estabilidad por volteo se realiza de la siguiente manera, considerando el factor de seguridad de 1.50, valor recomendado por la normativa peruana RNE E-050 Suelos y Cimentaciones.

$$\text{FSV} = \frac{M_r}{M_a} \geq 1.50$$

Donde:

FSV = Factor de seguridad al volteo

M_r = Momento resistente

M_a = Momento actuante

De esa forma:

$$M_a = E_a \times \frac{h}{3} = 7.38111$$

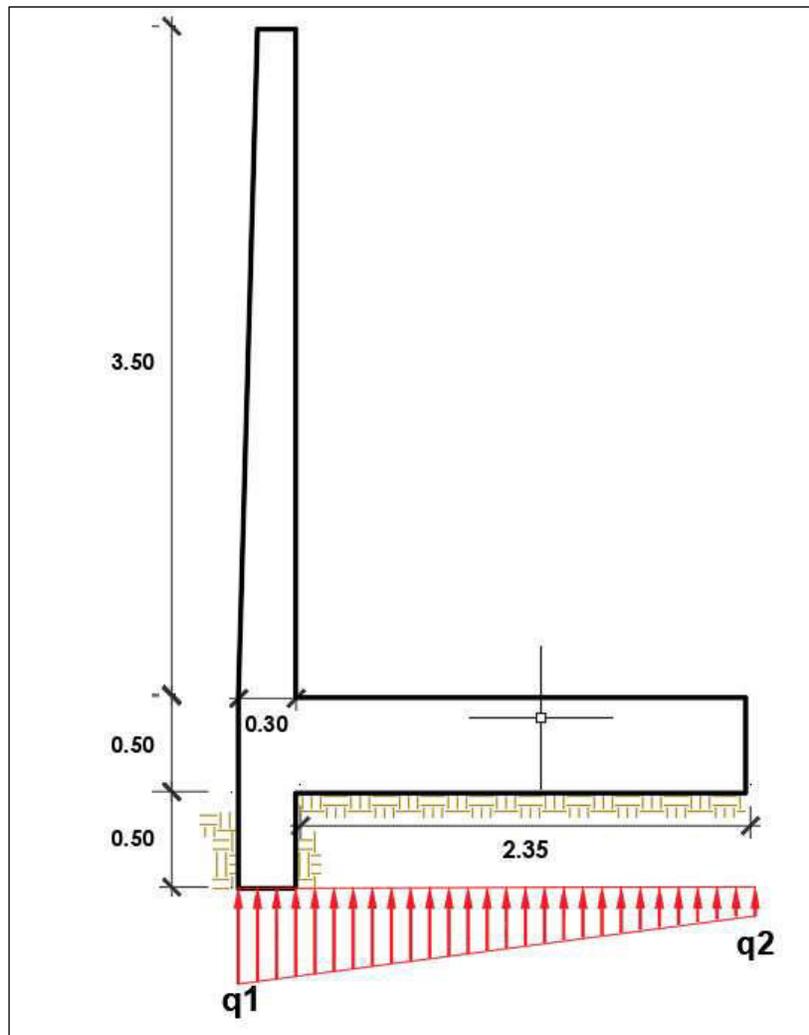
Se reemplaza en:

$$\text{FSV} = \frac{27.135}{7.38111} = 3.6763 \geq 1.50 \quad \text{¡Correcto, no se voltea!}$$

Control de Presiones sobre el Terreno. Se evaluará para verificar si el suelo soportará dicha presión ejercida por el muro de acuerdo a la capacidad admisible obtenida en el estudio de mecánica de suelos. En la figura 15 se muestra la concentración de las presiones.

Figura 15

Presión ejercida del suelo sobre la fundación del muro



Nota. Elaboración propia

$$X_o = \frac{M_r - M_a}{P}$$

$$X_o = \frac{27.135 - 7.38111}{20.74} = 0.953$$

El valor de la resultante X_o medido desde el punto 0, se aplica para encontrar el valor de la excentricidad "e" del muro.

$$e = \frac{B}{2} - X_o$$

$$e = \frac{2.65}{2} - 0.953 = 0.37$$

Se debe cumplir la condición:

$$\frac{B}{6} > e \quad \frac{2.65}{6} > 0.37 \quad 0.442 > 0.37 \quad \text{¡Correcto!}$$

Asimismo, se calculará el esfuerzo máximo y mínimo del terreno que actúan en contacto con la fundación del muro. m^2

$$q_1 = \frac{P}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) = \frac{20.74}{2.65} \left(1 + \frac{6 \times 0.37}{2.65} \right) = 14.38 \text{ tn/m}^2$$

$$q_2 = \frac{P}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) = \frac{20.74}{2.65} \left(1 - \frac{6 \times 0.37}{2.65} \right) = 1.27 \text{ tn/m}^2$$

Se debe cumplir la siguiente condición considerando la capacidad portante del terreno

$$\sigma_t = 15.2 \text{ tn/m}^2$$

$$\sigma_t > q_1$$

$$15.2 > 14.38 \quad \text{¡Correcto!}$$

Diseño de Acero en la Pantalla del Muro de Contención. Se calcularán los refuerzos de acero de la pantalla de la siguiente manera:

Tabla 5*Cálculo de acero para la pantalla del muro*

Descripción	Fórmulas	Resolución
Cuantía y acero mínimo	$\rho_{min} = 0.70 * \frac{\sqrt{F'c}}{Fy}$ $A_{smin} = \rho_{min} * b * d$	$\rho_{min} = 0.70 * \frac{\sqrt{210}}{4200} = 0.0022$ $A_{smin} = 0.0022 * 100 * 25.37 = 5.59 \text{ cm}^2$
Cuantía y acero balanceado	$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * \frac{f'c}{fy} * \left(\frac{6000}{6000 + fy}\right)$ $A_{sb} = \rho_b * b * d$	$\rho_b = 0.85 * 0.85 * \frac{210}{4200} * \left(\frac{6000}{6000 + 4200}\right)$ $= 0.01771$ $A_{sb} = 0.01771 * 100 * 25.37 = 44.92 \text{ cm}^2$
Cuantía y acero máximo	$\rho_{max} = 0.75\rho_b$ $A_{smáx} = \rho_{máx} * b * d$	$\rho_{max} = 0.75 * 0.01771 = 0.01328$ $A_{smáx} = 0.01328 * 100 * 25.37 = 33.69$ cm^2
Cuantía y acero de diseño	$A_s = \frac{Mu}{\phi * f_y * 0.9 * d}$ $a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b}$ $A_{s_d} = \frac{Mu}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$	$A_s = \frac{8.93982 * 10^5}{0.9 * 4200 * 0.9 * 25.37} = 9.8657 \text{ cm}^2$ $a = \frac{9.8658 * 4200}{0.85 * 210 * 100} = 2.78565$ $A_{s_d} = \frac{9.93982 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(25.37 - \frac{2.78565}{2}\right)} = 9.8657 \text{ cm}^2$

Nota. Elaboración propia

En la tabla 5 se realizó el procedimiento para el cálculo del acero en la pantalla, teniendo en cuenta la cuantía mínima de acero, según recomienda la norma RNE E-060. Por lo tanto, se opta por trabajar con el valor más favorable, en este caso el valor de la cuantía de acero de diseño $A_{s_d} = 9.8657 \text{ cm}^2$.

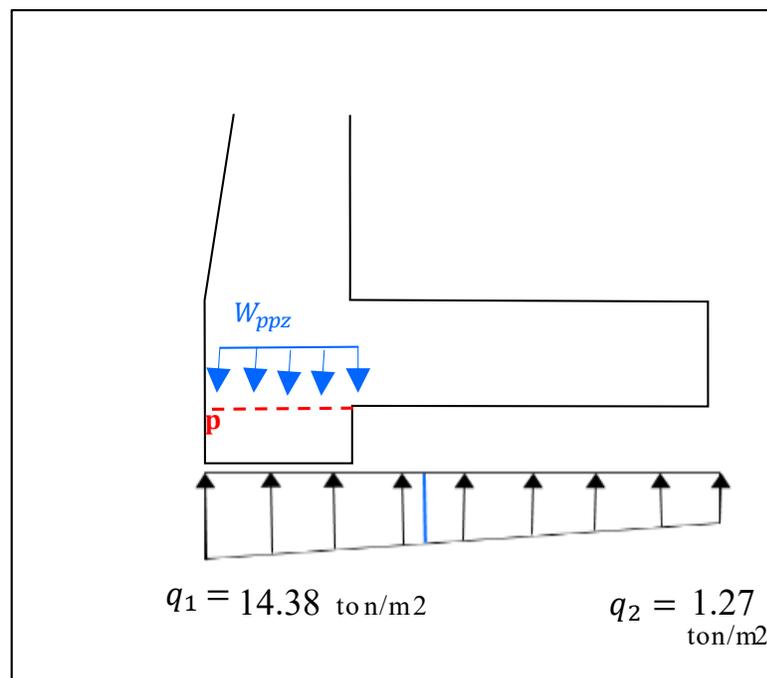
Para hallar la cantidad “N” de refuerzo de acero vertical de la base del muro se considera diámetro del acero $\varnothing 1/2'' = 1.2667\text{cm}^2$.

$$N = A_{s_d} / A_{s_{\varnothing}} = 9.8657 / 1.2667 = 7$$

Por lo tanto, se usarán 7 varillas de $\varnothing 1/2''$ con una separación de 15 cm.

Figura 16

Cargas que actúan en el dentellón del muro



Nota. Elaboración propia

Diseño de Acero en el Dentellón del Muro de Contención. Se calcularán los refuerzos de acero en el dentellón de la siguiente manera:

A continuación, se calcularán las cargas (por un metro de muro) que actúan en la zapata del muro.

$$W_s = \gamma_s * h_p * b = 1.5 * 3.5 * 1 = 6.30 \text{ Tn/m}$$

$$W_{ppz} = \gamma_c * h_z * b = 2.4 * 0.5 * 1 = 1.20 \text{ Tn/m}$$

Para el cálculo del momento último que actúa en dentellón se considerarán las amplificaciones a las cargas de acuerdo a lo establecido en la norma E-060.

$$W_{\text{umáx}} = q_1 * 1.7 - W_{\text{ppz}} * 0.9 = 14.38 * 1.7 - 1.2 * 0.9 = 23.37 \text{ Tn/m}$$

$$M_u = W_{\text{umáx}} \frac{B_2^2}{2} = 23.37 * \frac{0.3^2}{2} = \mathbf{1.05 \text{ Tn.m}}$$

Para calcular el área de acero, se realizará por flexión con la norma ACI 318S de la siguiente manera:

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{\phi * 0.85 * f'_c * b}}$$

$$a = 41.87 - \sqrt{41.87^2 - \frac{2 * 1.05}{0.9 * 0.85 * 210 * 100}} = 0.16$$

$$A_{s_d} = \frac{0.85 * f'_c * b * a}{f_y} = \frac{0.85 * 210 * 100 * 0.16}{4200} = 0.6657 \text{ cm}^2$$

Una vez calculada el área de acero, se procede a calcular el área de acero mínimo, de las cuales se opta por el valor más óptimo y seguro para el diseño.

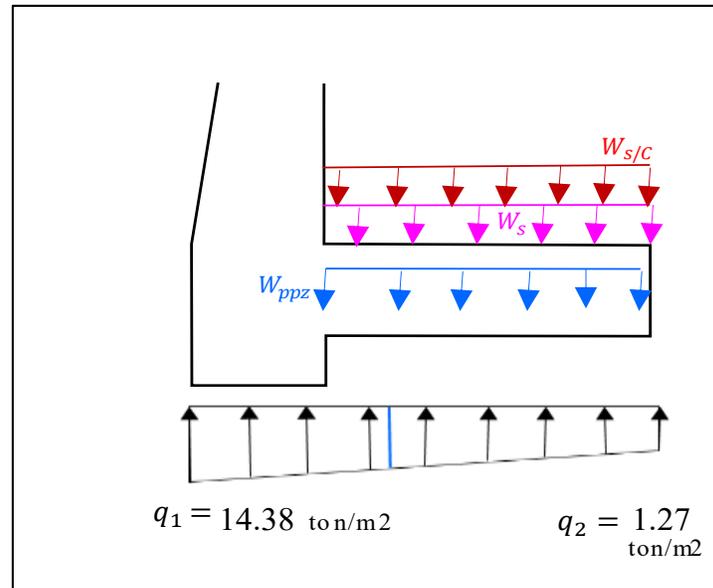
$$A_{s_{\text{min}}} = 0.0018 * b * d = 0.0018 * 100 * 41.87 = 7.7357 \text{ cm}^2$$

Se considera el valor de acero mínimo, por lo tanto, se usará: $\emptyset 1/2" @ 0.15\text{m}$.

Diseño de Acero en el Talón del Muro de Contención. Se calcularán los refuerzos de acero en la zapata de la siguiente manera:

Figura 17

Cargas que actúan en el talón del muro



Nota. Elaboración propia

A continuación, se calcularán las cargas (por un metro de muro) que actúan en el talón del muro.

$$W_s = \gamma_s * h_p * b = 1.5 * 3.5 * 1 = 6.30 \text{ Tn/m}$$

$$W_{ppz} = \gamma_c * h_z * b = 2.4 * 0.5 * 1 = 1.20 \text{ Tn/m}$$

$$W_{s/c} = \frac{s}{c} * b = 0.2 * 1 = 0.20 \text{ Tn/m}$$

Para el cálculo del momento último que actúa en talón del muro, se considerarán las amplificaciones a las cargas de acuerdo a lo establecido en la norma E-060.

Cálculo de carga última que actúa sobre el talón del muro:

$$W_u = (W_s + W_{ppz}) * 1.4 + W_{s/c} * 1.7$$

$$W_u = (6.30 + 1.20) * 1.4 + 0.20 * 1.7 = 10.84 \text{ Tn/m}$$

De esa manera se hallará el valor del momento último.

$$q'_B = \frac{(q_1 - q_2)(B_1 - t_2)}{B_1} = \frac{(14.38 - 1.27)(2.65 - 0.3)}{2.65} = 11.626 \text{ Tn/m}$$

$$q_B = q_2 + q'_B = 1.27 + 11.626 = 12.90 \text{ Tn/m}$$

$$M_u = (W_u - 1.4q_2) \frac{(B_1 - t_2)^2}{2} - 1.4q'_B \frac{(B_1 - t_2)^2}{6}$$

$$M_u = (10.84 - 1.4 * 1.27) \frac{(2.65 - 0.3)^2}{2} - 1.4 * 12.9 * \frac{(2.65 - 0.30)^2}{6} = 10.0432 \text{ Tn.m}$$

Para calcular el área de acero en el talón, se realizará por flexión con la norma ACI 318S de la siguiente manera:

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{\phi * 0.85 * f'_c * b}}$$

$$a = 41.87 - \sqrt{41.87^2 - \frac{2 * 10.0432 * 10^5}{0.9 * 0.85 * 210 * 100}} = 1.52$$

$$A_{S_d} = \frac{0.85 * f'_c * b * a}{f_y} = \frac{0.85 * 210 * 100 * 1.52}{4200} = 6.4638 \text{ cm}^2$$

Además, se procede a calcular el área de acero mínimo, con las cuales se elige el valor más óptimo y seguro para el diseño.

$$A_{S_{\min}} = 0.0018 * b * d = 0.0018 * 100 * 41.87 = 7.5357 \text{ cm}^2$$

Se considera el valor de acero mínimo, por lo tanto, se usará $\emptyset 1/2" @ 0.15\text{m}$. Asimismo, para el refuerzo transversal se considerará lo siguiente:

- Acero de temperatura: Ø 12 mm @ 0.15m
- Acero de montaje: Ø 3/8" @ 0.20m

Finalmente, por aseguramiento se realiza la verificación por cortante

$$q'_d = \frac{(q_1 - q_2)(B_1 - d)}{B_2} = \frac{(14.38 - 1.27)(2.35 - 0.4187)}{2.65} = 9.5545 \text{ Tn/m}$$

$$V_{ud} = (W_u - 1.4q_2)(B_1 - d) - \frac{q'_d * (B_1 - d)}{2}$$

$$V_{ud} = 10.84 - 1.4 * 1.27)(2.35 - 0.4187) - \frac{9.5545 * (2.35 - 0.4187)}{2} = 8.2763 \text{ Tn}$$

$$\phi V_c = \phi 0.53\sqrt{f'_c} * b * d = 0.9 * 0.53\sqrt{210} * 100 * 41.87 = 27.331 \text{ Tn}$$

Se debe cumplir la siguiente condición, la resistencia del concreto a corte ϕV_c debe ser mayor que la fuerza cortante ultima V_{du} según lo estipula la normativa peruana RNE E-060.

$$V_{du} < \phi V_c$$

$$8.2763 < 27.331 \dots \dots \dots ; \text{Correcto!}$$

Resumen Final de Uso de Acero en el Muro. En la siguiente tabla se muestran los detalles de acero que han sido calculados y serán empleados en el muro de contención.

Tabla 6

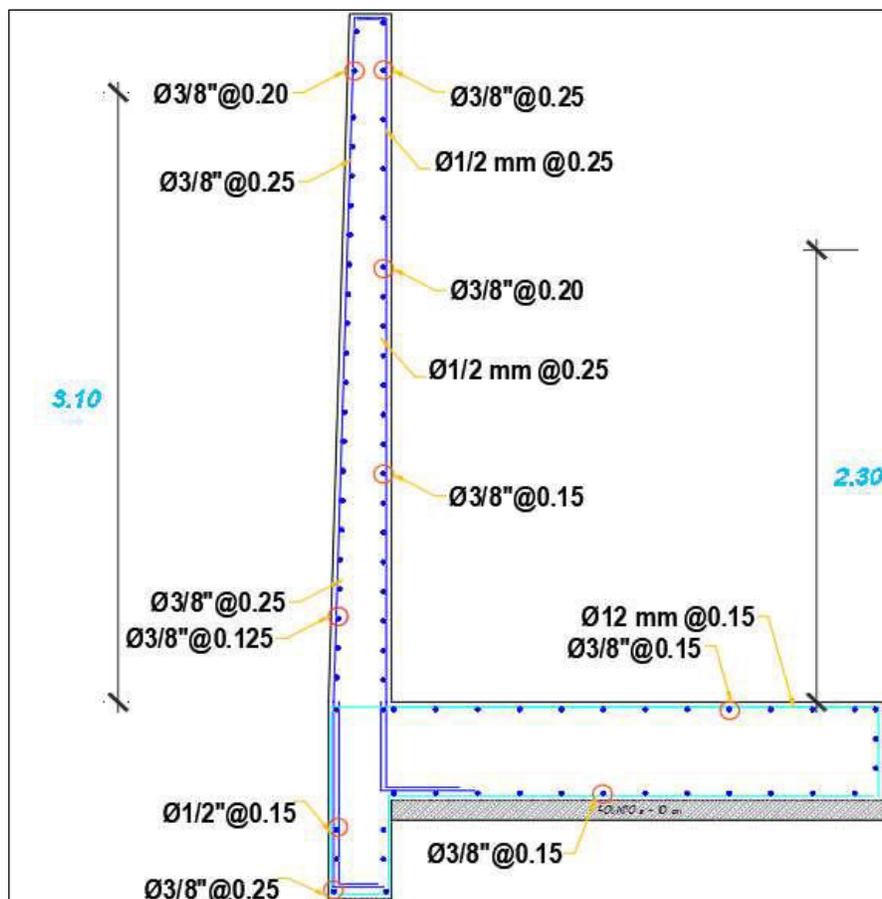
Resumen de áreas de acero para el muro de contención

Elemento	Refuerzo de acero	Detalle de acero
Pantalla	Refuerzo de acero vertical	Ø 1/2" @ 0.15 m
	R. Horizontal arriba	Ø 3/8" @ 0.25 m
	R. Horizontal intermedio	Ø 3/8" @ 0.20 m
	R. Horizontal abajo	Ø 3/8" @ 0.15 m
	Armadura de montaje	Ø 1/2" @ 0.25 m
Dentellón	Refuerzo mínimo	Ø 1/2" @ 0.15 m
Talón	Refuerzo mínimo	Ø 1/2" @ 0.15 m
	Acero de temperatura	Ø 12 mm @ 0.15 m
	Acero de montaje	Ø 3/8" @ 0.15 m

Nota. Elaboración propia

Figura 18

Detalle final de distribución del acero



Nota. Elaboración propia

Proceso Constructivo del Muro de Contención con Dentellón

Obras Provisionales. Se realiza la colocación del cartel de obra y acondicionamiento del local para almacén y oficina.

Figura 19

Cartel de identificación de obra

Nota. Elaboración propia

**Figura 20**

Limpieza manual del terreno



Trabajos Preliminares. Esta etapa constituye los trabajos de limpieza manual del terreno, trazo y replanteo.

Nota. Elaboración propia

Figura 21

Trazo y replanteo del muro



Nota. Elaboración propia

Movimiento de Tierras. Se realizan los trabajos de excavación, eliminación de material excedente, y compactación del suelo para la cimentación.

Figura 22

Excavación con maquinaria



Nota. Elaboración propia

Solado de Concreto Simple. Se realiza la colocación del solado en la cimentación del muro, previa compactación del terreno. Además, este material está compuesto de hormigón, cemento y agua que sirve para transmitir cargas del muro hacia el suelo, y proteger la armadura de acero debido a la humedad.

Figura 23

Solado de concreto de 10 cm



Nota. Elaboración propia

Figura 24

Eliminación de material excedente



Nota. Elaboración propia

Armado de Acero en la Zapata. Se realizan los trabajos de colocación de acero en la zapata, según especifican los planos, respetando los espaciamientos y recubrimiento del acero.

Figura 25

Colocación de acero en la zapata y dentellón del muro



Nota. Elaboración propia

Vaciado de Concreto en la Zapata del Muro. Pevio encofrado, se realiza la colocación de concreto $f'c$ 210 kg/cm² con cemento portland tipo I. Teniendo en cuenta las proporciones adecuadas.

Figura 26

Vaciado de concreto en la zapata del muro



Nota. Elaboración propia

Encofrado de la Cara Interior y Exterior de la Pantalla del Muro. Previo al armado del acero en la pantalla, se procede a encofrar las caras del muro de contención, para posteriormente realizar el vaciado del concreto.

Figura 27

Encofrado de las caras del muro de contención



Nota. Elaboración propia

Colocación de Concreto en la Pantalla del Muro. Se procede a realizar el vaciado de concreto $f'c$ 210 kg/cm² en la pantalla del muro con el respectivo vibrado, teniendo en cuenta las proporciones adecuadas del agregado y agua.

Figura 28

Vaciado del concreto en la pantalla del muro



Desencofrado y Curado del Concreto. Una vez fraguado el concreto, se procede a realizar el desencofrado del muro de contención. Para posteriormente proceder al curado del concreto con agua.

Figura 29

Desencofrado de la pantalla del muro



Nota. Elaboración propia

Compactación y Relleno del Muro. Se procede a rellenar las juntas del muro para posteriormente rellenar y compactar sobre el talón del muro con material propio.

Figura 30

Relleno del muro de contención



Nota. Elaboración propia

Factibilidad Técnica-Operativa

Factibilidad Técnica

El estudio de factibilidad técnica constituye la evaluación de viabilidad del proyecto. Este proceso implica una evaluación de habilidades, conocimientos y competencias técnicas, así como la disponibilidad y adecuación de las herramientas y equipos necesarios. Se busca determinar la disposición de los recursos técnicos que serán implementados en el proyecto.

Para el presente proyecto, el estudio de factibilidad técnica se realiza mediante la disposición de recursos necesarios para la construcción del muro de contención, dichos recursos se detallarán a continuación:

Mano de Obra. Para la construcción del muro de contención, se contó con un equipo de trabajo conformado por el maestro de obra, operario, oficial y peón. Este equipo es encargado de realizar las actividades según los planos y especificaciones técnicas.

Materiales. Los materiales tuvieron un control estricto para asegurar la calidad del proyecto. Según su especificación, para la construcción del muro se usaron diversos materiales tales como; cemento, agregados, acero de refuerzo, madera para encofrado, tuberías para drenaje entre otros.

Equipos y Herramientas. Se hizo uso de diversos equipos y herramientas según las actividades específicas, tales como; maquinaria para excavación, eliminación de material excedente, equipos menores para compactación, vaciado y vibrado del concreto, además del uso de herramientas manuales.

Figura 31

Uso de equipos para la construcción del muro



Nota. Fotos de la ejecución del proyecto

Factibilidad Operativa

En la fase de factibilidad operativa del proyecto “Construcción de muro de contención en el pasaje Matapalo del sector Alto Capelo distrito de Chanchamayo”, se analizaron los procesos relacionados con la calidad del proceso constructivo, así como el uso eficiente de los recursos. Para ello, la empresa contratista IBSO SAC ha contado con personal técnico capacitado, con el objetivo de llevar adecuadamente la ejecución del proyecto según lo planificado, además se ha requerido de maquinarias y herramientas para el mejor desarrollo del proyecto.

Tabla 7*Análisis de factibilidad operativa*

Ítem	Recursos	Involucrados	Evaluación
01	Recursos Humanos		
01.01	Equipo técnico	Supervisor, Residente, Asistente, Topógrafo	Se contó con personal experimentado en construcción de muros y proyectos similares
01.02	Mano de obra	Maestro de obra, Operario, Oficial, Peón	
02	Gestión de Riesgos	Supervisor y Asistente SSOMA	Encargados de evaluar posibles riesgos durante la construcción
03	Materiales	Personal de Logística	Control de abastecimiento y calidad de materiales
04	Diseño del Muro	Consultoría y/o Proyectista	El diseño cumple con los estándares de ingeniería.
05	Control de calidad	Residente y asistente de obra	Inspecciones periódicas y control de calidad.
06	Cumplimiento Normativo	Supervisión y residencia	Cumple con normativas y regulaciones de construcción.

Nota. Elaboración propia

Inversión

Para determinar la inversión del presente proyecto se tomaron datos del expediente técnico “Construcción de Muro de Contención; en el pasaje Matapalo del sector Alto Capelo distrito de Chanchamayo”. Los gastos que se efectuaron en el desarrollo del diseño fueron mínimos y se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 8*Cuadro de Inversiones*

N°	Concepto de inversión	Und.	Cantidad	P. U. S/	P. Parcial S/
01	Recursos Humanos				5000.00
	Inversión por desarrollo de TSP	gbl	1.00	5000.00	5000.00
02	Materiales				310.00
	Archivador	und	2.00	20.00	40.00
	Tablero de madera	und	2.00	12.00	24.00
	Lapicero	und	3.00	2.00	6.00
	Papel bond A4	millar	1.00	30.00	30.00
	Manuales y libros	gbl	1.00	180.00	180.00
	Artículos de oficina	gbl	1.00	30.00	30.00
03	Herramientas				68.00
	Flexómetro	und	2.00	15.00	30.00
	Nivel	und	1.00	20.00	20.00
	Escuadra	und	1.00	18.00	18.00
04	Equipos				260.00
	Alquiler de Nivel Topográfico	gbl	1.00	100.00	100.00
	Mantenimiento de Laptop	gbl	2.00	80.00	160.00
05	Otros gastos				90.00
	copias e impresiones	gbl	1.00	50.00	50.00
	movilidad	gbl	1.00	40.00	40.00
Total					5,728.00

Nota. Elaboración propia

Análisis de Resultados

En este punto, se describe el análisis de los resultados obtenidos en base a los objetivos establecidos en el presente proyecto, en base a los datos que se calcularon en el desarrollo de la solución, en las cuales se aplica las distintas metodologías y normas para el correcto procedimiento.

Para realizar los estudios básicos del terreno en la vía vecinal Alto Capelo, se consideraron los estudios de mecánica de suelos y estudio topográfico, de las cuales se obtuvo datos para el correcto proceso de diseño de muro de contención en voladizo, como el desnivel de 3.5 metros y la capacidad de carga admisible del terreno de 15.2 tn/m².

Además, para realizar el diseño del muro de contención con dentellón para mejorar la estabilidad de la vía, en primer lugar se realizó el predimensionado del muro de contención, para posteriormente verificar la estabilidad, donde se tuvo en consideración la estabilidad al deslizamiento, volteo, y control de presiones del terreno, y por último se realizó el cálculo de refuerzos de acero para cada elemento del muro de contención. En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos en el proceso de diseño.

Tabla 9

Resumen de diseño del muro de contención

Elemento	Dimensiones (m)		Refuerzo Acero	Estabilidad FS > 1.5	
	Ancho	Alto		Volteo	Deslizamiento
Pantalla	0.30	3.50	Ø 1/2" @ 0.15 m	3.676	1.685
Talón	2.35	0.50	Ø 1/2" @ 0.15 m		
Dentellón	0.50	0.30	Ø 1/2" @ 0.15 m		

Nota. Elaboración propia

Análisis Costo-Beneficio

El análisis de costo-beneficio de construcción de un muro de contención con dentellón revela una inversión justificada que incluyen, los costos de inversión, operación y mantenimiento. Además, estos costos son compensados por los beneficios que abarcan desde la mejora de la estabilidad y seguridad en la vía, hasta la prolongación de su vida útil. En las siguientes tablas se detallan los costos y beneficios, así como la inversión del proyecto.

Tabla 10

Valoración de beneficios de la implementación del proyecto

Beneficio	Descripción	Valoración	Periodicidad
Reducción de riesgos de deslizamientos	Se refleja la reducción en costos relacionados con deslizamientos	S/ 1,800.00	Anual
Reducción de riesgos de derrumbes	Se refleja la reducción en costos relacionados con derrumbes, limpieza con maquinaria entre otros.	S/ 3,000.00	Anual
Mejora de la seguridad de las personas	Debido a factores naturales, que pueden afectar la integridad de los pobladores	S/ 15,000.00	Anual
Protección de viviendas	Disminución de los daños materiales a viviendas y propiedades	S/ 5,000.00	Anual
Aumento del valor de las propiedades en el área	Debido a los compradores estén más interesados en adquirir propiedades seguras	S/ 5,000.00	Anual
Total		S/ 29,800.00	Anual

Nota. Elaboración propia.

Tabla 11*Presupuesto del proyecto*

OBRA	“CONSTRUCCION DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL PASAJE MATAPALO DEL SECTOR ALTO CAPELO, DISTRITO DE CHANCHAMAYO, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO, DEPARTAMENTO JUNIN”				
Entidad	: Municipalidad Provincial de Chanchamayo				
Región	: Junín				
Provincia	: Chanchamayo				
Distrito	: Chanchamayo				
Fecha	: marzo de 2021				
Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
1	Movimiento de tierras				10,757.4
1.1	Excavación para cimentación con retroexcavadora	m ³	266.17	7.49	1,993.6
1.2	Transporte de eliminación de material a DME para D> 1 km	m ³	399.26	0.87	347.3
1.3	Relleno compactado, mat. préstamo compactadora 4.0 HP	m ³	111.27	75.64	8,416.4
2	Obras de concreto simple				2,606.3
2.1	Concreto para solados, E=0.10 m. C:H, 1:12	m ²	82.40	31.63	2,606.3
3	Obras de concreto armado				79,984.9
3.1	Encofrado y desencofrado p/muros	m ²	262.83	48.06	12,631.6
3.2	Acero de refuerzo f'y = 4200 kg/cm ²	kg	5,639.37	7.43	41,900.5
3.3	Concreto f'c=210 kg/cm ² - muros	m ³	57.37	443.66	25,452.7
4	Juntas				166.5
4.1	Junta tipo 1 para muros	ml	25.70	6.48	166.5
	Costo Directo				93,515.1
	Gastos Generales 9%				8,416.3
	Utilidad 8%				7,481.2
	Sub Total Presupuesto				109,412.7
	IGV 18%				19,694.3
			Costo de obra		S/. 129,107.06

Nota. Presupuesto de obra del expediente técnico

Para los costos de operación y mantenimiento no se considera el costo de operación, ya que los muros de contención no requieren de acciones recurrentes o intervenciones regulares

para su funcionamiento. Por ello solo se estimará los costos de mantenimiento por año y se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 12

Estimación de costos de mantenimiento por año

Actividad	Unidad	Frecuencia por año	Costo Unitario (S/)	Costo (S/)
Inspección periódica	gbl	1	S/ 200.00	S/ 200.00
Limpieza	gbl	2	S/ 500.00	S/ 1,000.00
Reparación de daños menores	gbl	1	S/ 300.00	S/ 300.00
Reparación de juntas	gbl	1/5	S/ 2,000.00	S/ 400.00
Subtotal				S/ 1,900.00
Gastos Indirectos (administrativo) 10%				S/ 190.00
Costo total de mantenimiento por año				S/ 2,090.00

Nota. Elaboración propia.

Valor Costo-Beneficio (B/C)

Según Aguilera (2017), es un procedimiento que ayuda a tomar decisiones más acertadas acerca de la inversión y manejo de recursos, de esa manera evaluar si el proyecto es rentable o no. Luego, una vez realizado el procedimiento se interpretan los resultados bajo la siguiente condición:

- **B/C mayor a 1:** significa que los ingresos son superiores a los costos, entonces el proyecto es rentable.
- **B/C igual a 1:** significa que no existe ganancias ni pérdidas, entonces el proyecto no es viable.
- **B/C menor a 1:** se refiere que los gastos superan a los beneficios, lo que hace que el proyecto no sea económicamente viable.

Para calcular el Valor de Costo-Beneficio (B/C), primero se hallará el valor actual neto (VAN), después se calculará el Valor Actual de Costos (VAC) que se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{VAN}{VAC + Inversión}$$

Para calcular el Valor Actual Neto VAN, se realiza con la siguiente fórmula.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{FC}{(1+i)^n} - I$$

Donde:

- VAN: valor actual neto.
- FC: flujo de caja, diferencia entre los costos de ingreso y egresos.
- i: tasa de descuento, se considera 12%, tasa promedio en proyectos de inversión
- I: inversión inicial del proyecto, se considera el costo total de la obra de construcción del muro de contención (S/ 129,107.06).
- n: vida útil del proyecto, se considera un periodo de 10 años.

Para calcular el valor actual de costos VAC, se realiza con la siguiente fórmula:

$$VAC = \sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+i)^n}$$

Donde:

- Ct: costos incurridos durante el periodo

En la tabla 13 se procede a calcular el Flujo de Caja (FC), donde se considera la inversión, Ingresos (valores del costo de los beneficios), egresos (costo del mantenimiento del muro de contención), dichos datos también nos ayudarán a calcular el VAN y VAC.

Tabla 13*Cálculo del flujo de caja*

Periodo Año	Inversión	Ingresos (Beneficios)	Egresos (mantenimiento)	Flujo de caja
0	S/ 129,107.06			
1		S/ 29,800.00	S/ 2,090.00	S/ 27,710.00
2		S/ 29,800.00	S/ 2,090.00	S/ 27,710.00
3		S/ 29,800.00	S/ 2,090.00	S/ 27,710.00
4		S/ 29,800.00	S/ 2,090.00	S/ 27,710.00
5		S/ 29,800.00	S/ 2,090.00	S/ 27,710.00
6		S/ 29,800.00	S/ 2,090.00	S/ 27,710.00
7		S/ 29,800.00	S/ 2,090.00	S/ 27,710.00
8		S/ 29,800.00	S/ 2,090.00	S/ 27,710.00
9		S/ 29,800.00	S/ 2,090.00	S/ 27,710.00
10		S/ 29,800.00	S/ 2,090.00	S/ 27,710.00

Nota. Elaboración propia

Por lo tanto, al reemplazar los datos y aplicar la fórmula, se encuentran los siguientes valores:

$$VAN = S/ 168,376.65$$

$$VAC = S/ 11,808.97$$

Finalmente se calcula el valor de B/C.

$$B/C = \frac{168,376.65}{11,808.97 + 129,107.06} = 1.195$$

El valor de B/C es mayor que 1, eso quiere decir que el proyecto es **rentable**.

Aportes más Destacables a la Institución

La experiencia adquirida durante el proceso de diseño y construcción del muro de contención con dentellón fomenta al desarrollo de las habilidades profesionales entre los miembros de la empresa. Para ello se llevó a cabo siguiendo los lineamientos de la normativa que proporciona una base integral para el diseño y la construcción, que contribuye a la seguridad, la eficiencia y la durabilidad del muro de contención con dentellón.

Con la implementación del muro de contención en el pasaje Matapalos se logró un aporte muy significativo a la empresa IBSO S.A.C, a través de una coordinación entre los trabajadores y equipo técnico mediante el trabajo en equipo, para mejorar el control de la gestión de los recursos que influyen en la calidad del proyecto. Además de afrontar y solucionar los problemas que se presentan durante el proceso de ejecución, tales como; las lluvias, ritmo de avance físico de la obra, y la calidad de los materiales, etc.

Durante la ejecución del proyecto de construcción del muro de contención con dentellón, me desarrollé como profesional clave para enfrentar diversos inconvenientes que surgieron en el transcurso del proceso constructivo. Mi participación fue como parte del equipo técnico del proyecto, lo que me permitió aportar en la coordinación de los trabajos, control de calidad, realizar la documentación relacionada a la ejecución, entre otros; aprovechando los conocimientos adquiridos durante la formación académica y las técnicas aplicables dentro del marco normativo.

Además, con la debida coordinación con el residente de obra y supervisor se llevó a cabo el correcto procedimiento de las actividades a ejecutar, considerando la seguridad en todo momento y el control de calidad de los materiales a emplear, Asimismo la elaboración y presentación oportuna de los documentos con relación a la ejecución del proyecto, documentos

como; cuaderno de obra, requerimientos, informes de obra, valorizaciones de obra, liquidación técnica financiera, entre otros.

Por otro lado, durante la ejecución del proyecto de construcción del muro de contención, se consideró la participación de la población local, dado a su conocimiento detallado del entorno, incluyendo la delimitación de la vía, la identificación de propiedades adyacentes y la recopilación de antecedentes relacionados con eventos naturales. Para de esta forma evaluar estrategias y anticipar posibles inconvenientes, y de esa manera adaptar el muro a las características del entorno.

Por último, se garantizó que los trabajos realizados del proyecto sean bien llevados, donde se ejecuta de acuerdo a las medidas y especificaciones que brinda el expediente técnico; en nuestro caso, la altura de la pantalla del muro resultó de 3,50 m con espesor de la base o garganta de 0.30 m, y espesor de la corona de 0.20 m. Asimismo la correcta distribución y colocación del acero con recubrimiento de 4 cm.

En resumen, el aporte de la implementación de este proyecto, fue en el beneficio de la población del sector Alto Capelo. Asimismo, fortalece la posición y mejora la imagen de la institución en el sector de la construcción, porque se valora su compromiso con la seguridad de los trabajadores, la coordinación en la toma de decisiones y la mejora continua.

Conclusiones

En el presente proyecto se realizó el diseño y construcción de muro de contención con dentellón para mejoras de estabilidad de la vía vecinal Alto Capelo. Según Campos (2010), indica que los muros de contención son estructuras que tienen como función principal estabilizar dos niveles de masas de suelo y están conformado de los elementos estructurales, la pantalla del muro y la cimentación, elemento importante que le da la estabilidad al muro. Además, Sánchez (2019) afirma que este tipo de estructuras se utiliza comúnmente como medida de protección en diversos proyectos de ingeniería. Por ejemplo, en la construcción de carreteras ubicadas en zonas con precipicios, donde actúan como barreras para prevenir derrumbes. Además, los muros de contención son empleados en lugares con desniveles o en sótanos, donde resisten las fuerzas de tierra. En ciertos casos, se utilizan en pequeñas represas para resistir las fuerzas de grandes volúmenes de agua, requiriendo consideraciones adicionales. Por lo tanto, se concluyó que implementar un muro de contención en la vía vecinal, será de gran importancia y beneficio para la población del sector Alto Capelo.

Asimismo, se diseñó el muro de contención considerando los estudios básicos del proyecto, según la normativa peruana RNE E-050 (2018), que indica que para los proyectos de muros de contención con alturas mayores a 2.00 m es necesario realizar un estudio de mecánica de suelos y deberá ser realizado y firmado por un profesional responsable, esto con el fin de asegurar las condiciones de cimentación del muro y la estabilidad requerida. De esa manera, se concluye que los resultados obtenidos del estudio topográfico y estudio geotécnico, proporcionaron información sobre las características del terreno, tales como el desnivel de 3.5 m entre la rasante y el talud inferior de la vía, y la capacidad de carga admisible del terreno para la fundación de 15.2 tn/m^2 , que son fundamentales para el correcto diseño del muro de contención.

De igual manera, respecto a la delimitación de terrenos privados adyacentes al muro, se opta por implementar un dentellón en el muro de contención en voladizo, esto con la finalidad de no interferir y perjudicar dichas propiedades.

También el proceso de diseño del muro de contención con dentellón, se realizó, respetando las bases de la normativa, de las cuales se realizaron las verificaciones de estabilidad, considerando el factor de seguridad FS de 1.5 recomendado por la norma RNE E-050 (suelos y cimentaciones) en caso de deslizamiento y volteo. Por otro lado, según la recomendación de Torres (2008), en caso de incumplimiento de condiciones del muro al deslizamiento, se debe optar por implementar un dentellón en el muro de contención, lo cual avala el presente trabajo que el diseño del muro de contención con dentellón mejora la estabilidad en el pasaje Matapalos. El dentellón cumple la función de reemplazar a la puntera con la intención de no interferir con terrenos privados, y al realizar las verificaciones en el diseño, no se tendrá ningún problema por deslizamiento y volteo.

Finalmente, en la ejecución del proyecto “Construcción de Muro de Contención en el pasaje Matapalo del sector Alto Capelo distrito de Chanchamayo, provincia Chanchamayo, departamento Junín”, se cumplieron los plazos establecidos, se realizaron las obras de acuerdo a los planos y especificaciones técnicas, se verificó la calidad de los materiales, y la distribución correcta de los aceros y recubrimientos mínimos del acero según indica el RNE E-060, mediante el trabajo en equipo entre el equipo técnico y los trabajadores, resultando por tanto un trabajo óptimo que beneficiará a la población y dará reconocimiento a nuestra institución.

Recomendaciones

Se recomienda realizar el diseño considerando las características propias del entorno, para ello es necesario, contar con estudios básicos de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, topografía del terreno y demás estudios que el proyecto lo requiera. De esa manera asegurar el diseño con datos reales.

Es recomendable realizar el diseño del muro de contención basándose de los criterios de la normativa vigente del RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones), donde estipula parámetros de cargas, cimentaciones, diseño sismorresistente, concreto armado, entre otros que ayudan a obtener un diseño seguro. Asimismo, las consideraciones del ACI 318S, para el diseño por flexión de los elementos del muro de contención.

Se recomienda ejecutar este tipo de proyectos, debido a que los resultados obtenidos en el proceso de diseño, asegura en el muro de contención con dentellón las cargas admitidas y condiciones de estabilidad; asimismo, optimiza el uso del acero para obtener mejor eficiencia y sostenibilidad del diseño. Además, se recomienda realizar inspecciones periódicas para evaluar el desempeño del muro con dentellón, y de esa forma asegurar su durabilidad a largo plazo.

Referencias

- ACI 318S. (2022). *Código Estándar para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto*.
https://www.academia.edu/32080806/Norma_ACI_318S_
- Aguilar, A. y Henríquez, L. (2018). *Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Chicama tramo puente Punta Moreno – pampas de Jaguey aplicando el programa River* [Universidad Privada Antenor Orrego].
<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/683>
- Aguilera, A. (2017). *El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas*. 11(2), 322-343. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s2073-60612017000200022&script=sci_arttext
- Ballón, A. y Echenique, J. (2017). *Análisis de estabilidad de muros de contención de acuerdo a las zonas sísmicas del Perú*. [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)].
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621687/ballon_ba.pdf?se
- Betancourt, A. y Chuquisala, A. (2021). *Análisis comparativo del diseño para muros de contención, entre los de gravedad y en voladizo ubicado en la parte inferior del talud del terreno donde está cimentado el tanque de Interagua de la ciudadela Bellavista, ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas* [Universidad de Guayaquil].
<https://repositorio.ug.edu.ec/items/eec68fff-263f-4106-9fd1-2be4cf3602d0>
- Braja, M. D. (1985a). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*.
https://www.academia.edu/9716124/FUNDAMENTOS_DE_INGENIERIA_GEOT%C3%88CNICA
- Campos, A. (2010). *Desarrollo de una herramienta digital para diseñar muros de contención en concreto y mampostería*. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6058>

- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición*.
<http://estudiantesingcivil.blogspot.mx/>
- Figueroa, G. C. y Dongo, J. M. (2020). *Análisis comparativo estructural – económico de muros de contención en voladizo vs muros de contención con contrafuerte, en el intercambio vial entre la av. Avelino Cáceres y la av. Daniel Alcides Carrión en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero – provincia de Arequipa* [Universidad Católica de Santa María].
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9889>
- García, A. (2013). *Diseño y construcción de muros de contención de hormigón armado*.
 Universidad Politécnica de Madrid.
- Mendieta, A. (2016). *Análisis, comparación y diseño optimizado para muros de Contención* [Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6764>
- MTC. (2018). *Ministerio de Transportes y comunicaciones, Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) actualizado por Decreto Supremo N°044-2008-MTC*.
- Prada, F. y Ramos, A. y Solaque, D. y Caicedo, B. (2011). *Confiabilidad aplicada al diseño geotécnico de un muro de contención*. 49-58. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-28132011000100006&script=sci_arttext
- Ricardo, C. (2009). *Hormigón II muros de retención*.
https://www.academia.edu/29699224/HORMIG%C3%93N_II_MUROS_DE_RETENCI%C3%93N
- E-050 suelos y cimentaciones*. (2018). *Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA*.
www.vivienda.gob.pe
- RNE E-060. (2009). *E-060 concreto armado. DECRETO SUPREMO 010-2009 Vivienda*.

Sánchez Román, E. (2019). *Diseño de muro de contención, calles Juan León Mera y Primero de Junio ciudadela Mirador San Antonio - ciudad Jipijapa.*

Terzaghi, K. y Peck, R. y Mesri, G. (1996). *Soil mechanics in engineering practice.*

Torres, R. (2008b). *Análisis y diseño de muros de contención de concreto armado.*

https://www.academia.edu/6737429/AN%C3%81LISIS_Y_DISE%C3%91O_DE_MUROS_DE_CONTENCI%C3%93N_DE_CONCRETO_ARMADO_RAFAEL_ANGEL_TORRES_BELANDRIA

Valentín, J. (2019). *Análisis técnico y económico de muros de contención para estabilizar taludes inferiores de plataformas de la carretera Canta–Huayllay, Km1+920 al Km2+000.*

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46264>

Apéndice

Figura 1A

Estado situacional del pasaje Matapalos



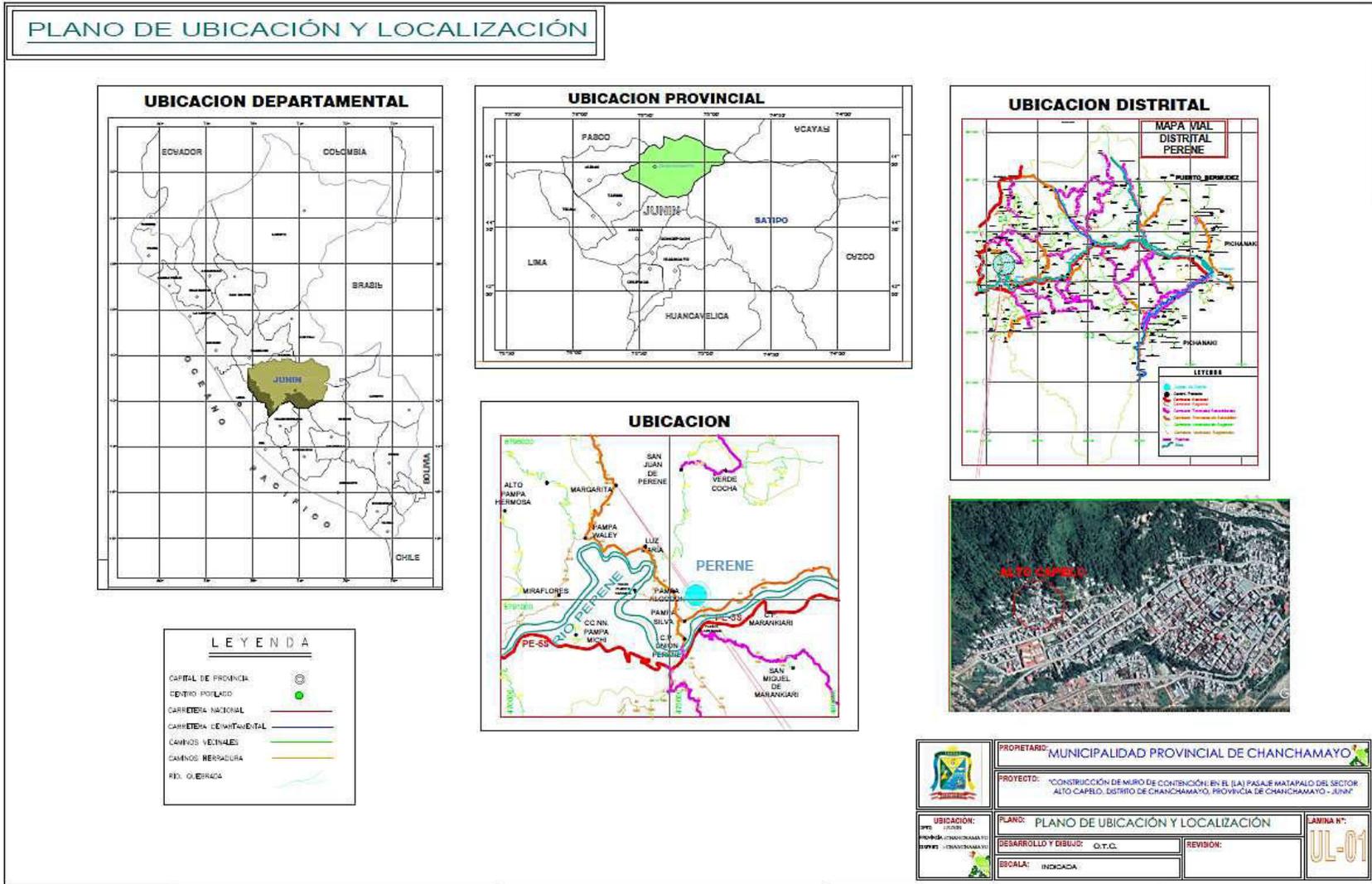
Figura 2A

Replanteo de obra para la construcción del muro de contención



Anexos

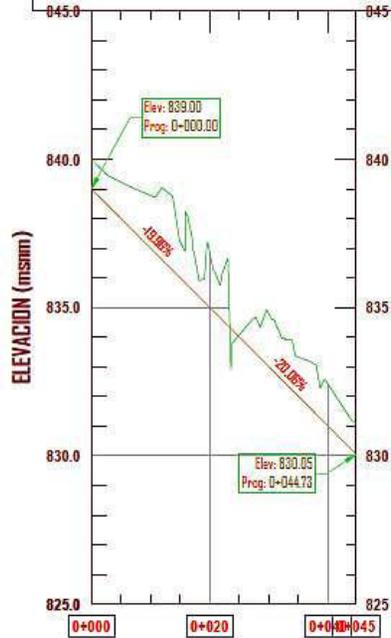
Anexo 1: Planos



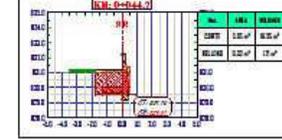
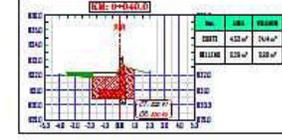
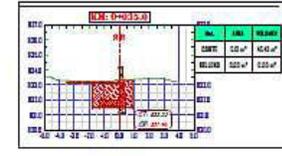
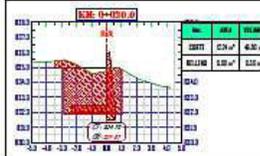
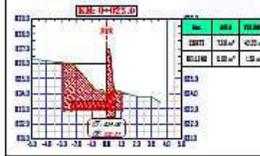
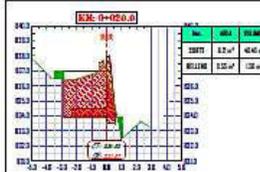
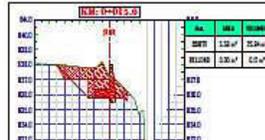
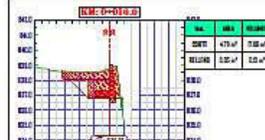
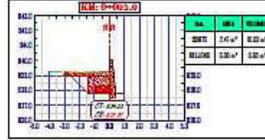
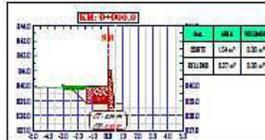
PERFIL LONGITUDINAL Y SECCIONES TRANSVERSALES

PERFIL LONGITUDINAL - MURO

Esc. H = 1/1000 - Esc. V = 1/200 → Exp. 5m



COTA TERRENO		839.00	836.95	832.41
COTA RASANTE		839.00	836.91	834.95
ALT.	CORTE	0.00	1.85	1.41
	RELLENO	0.00	0.00	1.05



PROG.	AREA CORTE (m²)	AREA RELLENO (m²)	VOLUMEN CORTE (m³)	VOLUMEN RELLENO (m³)	V. CORTE ACOMULADO (m³)	V. RELLENO ACOMULADO (m³)	TOTAL (m³)
0+000	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+003	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+006	4.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+009	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+012	7.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+015	12.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+018	17.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+021	22.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+024	27.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+027	33.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHANCHAMAYO	
	PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN EL (LA) PASAJE MATAPALO DEL SECTOR ALTO CAPELO, DISTRITO DE CHANCHAMAYO, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO - JUNIO"	
UBICACION: DPTO: JUNIN PROVIN: CHANCHAMAYO DISTRITO: CHANCHAMAYO	PLANO: PERFIL LONGITUDINAL Y SECCIONES TRANSVERSALES DESARROLLO Y DIBUJO: O.T.C. ESCALA: INDICADA	LAMINA N°: PL-07-01

Anexo 2: Cronograma de Avance Físico

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	octubre 2021											
						10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	01
1		<Tarea de resumen nueva>	20 días	lun 11/10/21	vie 05/11/21												
2		CONSTRUCCION DE MURO DE CONTENCIÓN; EN EL (LA) PASAJE MATAPALO DEL SECTOR ALTO CAPELO, DISTRITO DE CHANCHAMAYO, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO - JUNIN	23 días	lun 11/10/21	mié 10/11/21												
3		MOVIMIENTO DE TIERRAS	8 días	lun 11/10/21	mié 20/10/21												
4		EXCAVACIÓN PARA CIMENTACION CON RETROEXCAVADORA	3 días	jue 14/10/21	lun 18/10/21												
5		TRANSPORTE DE ELIMINACION DE MATERIAL A DME PARA D>1 KM	1 día	mar 19/10/21	mar 19/10/21												
6		RELLENO COMPACTADO, MAT. PRESTAMO COMPACTADORA 4.0 HP	4 días	mié 20/10/21	lun 25/10/21												
7		OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	2 días	mar 26/10/21	mié 27/10/21												
8		CONCRETO PARA SOLADOS, E=0.10 M. C:H, 1:12	2 días	mar 26/10/21	mié 27/10/21												
9		OBRAS DE CONCRETO ARMADO	10 días	jue 28/10/21	mié 10/11/21												
10		ENCOFRADO Y DEENCOFRADO P/MUROS	7 días	jue 28/10/21	vie 05/11/21												
11		ACERO DE REFUERZO F'Y = 4200 KG/CM2	6 días	jue 28/10/21	jue 04/11/21												
12		CONCRETO PREMEZCLADO F'C=175 KG/CM2 - MUROS	3 días	lun 08/11/21	mié 10/11/21												
13		JUNTAS	2 días	lun 08/11/21	mar 09/11/21												
14		JUNTA TIPO 1 PARA MUROS	2 días	lun 08/11/21	mar 09/11/21												

Anexo 3: Cálculo de capacidad admisible según TERZAGI Y PECK



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elío, Lima
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Celular: 964046688 / 955501584
 Teléfono Fijo: 064-272021
 Correo: silvergeosac@terra.com

Proyecto:

Construcción de muro de contención en el pasaje Matapalo del sector Alto Capelo distrito de Chanchamayo, provincia Chanchamayo, departamento Junín

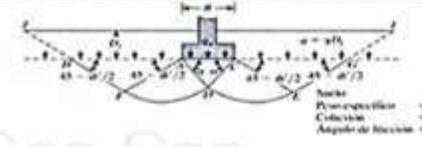
Ubicación del proyecto

Ubicación: Pasaje Matapalos, sector Alto Capelo
Distrito: Chanchamayo
Provincia: Chanchamayo
Región: Junín

Estudio Realizado:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE SEGÚN TERZAGUI Y PECK (1967)

PARÁMETROS DE CÁLCULO	
Ángulo de fricción interna ϕ'	32.6
Cohesión por falta local c'	21.7
Cohesión (kg/cm ²) c	0.02
Cohesión por falta local c'	0.01
Densidad de suelo Natural γ	2.168
Densidad seca de suelo γ_d	2.162
Humedad del Suelo (%) w	0.28
Factor de Seguridad	3



Ancho = B
 Profundidad = D
 Ángulo de fricción = ϕ'

COEFICIENTE DE EMPUJE DE TIERRAS	
K_a	= 0.46
K_p	= 2.19
K_0	= 0.52

$$q_{ult} = c' \cdot N_c + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_q + \gamma' \cdot D \cdot N_q$$

$$q_{adm} = q_{ult} / FS$$

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA (vesic)		FACTORES DE FORMA			
$N_c = 16.60$	$N_q/N_c = 0.46$	Factor	Cimentación Cometa	Cimentación Cuadrada	Cimentación Rectangular
$N_q = 7.62$	$\tan \phi' = 0.40$	C_{1q}	1.00	1.46	1.23
$N_q = 6.88$		C_{2q}	1.00	1.40	1.20
		C_{3q}	1.00	0.60	0.80

Cimentación Cuadrada:

Ancho - Cimentación	Largo - Cimentación	Profundidad	q_{ult}	q_{adm}	γ_e	γ_c	γ_d
1.00	1.00	1.50	32.43	1.08	0.11	0.80	0.46
1.50	1.50	1.50	36.16	1.21	0.12	0.80	0.46
2.00	2.00	1.50	39.89	1.33	0.13	0.80	0.47
2.50	2.50	1.50	43.61	1.45	0.15	0.80	0.47

Cimentación Cuadrada:

Ancho - Cimentación	Largo - Cimentación	Profundidad	q_{ult}	q_{adm}	γ_e	γ_c	γ_d
1.00	1.00	1.50	29.42	1.34	0.13	0.80	0.47
1.50	1.50	1.50	41.66	1.39	0.14	0.80	0.47
2.00	2.00	1.50	43.89	1.46	0.15	0.80	0.51
2.50	2.50	1.50	46.13	1.54	0.15	0.80	0.48

Cimentación Rectangular:

Ancho - Cimentación	Largo - Cimentación	Profundidad	q_{ult}	q_{adm}	γ_e	γ_c	γ_d
1.00	1.00	1.50	25.50	1.20	0.12	0.80	0.46
1.00	7.00	1.50	35.92	1.20	0.12	0.80	0.46
2.00	10.00	1.50	41.89	1.40	0.14	0.80	0.47

DISPONIBLES

Realizado: Raúl Zamora
 Revisado: Ing. Carlos A. D.

SILVER GEO SAC
 Laboratorio de Estudios Geotécnicos y Suelos

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y SUELOS
 Ing. Carlos A. Zamora
 C. P. N.º 21612

R.L. 2004-00014

Laboratorio de Estudios de Materiales, Inscripción al Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/O50