

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO Y  
ALTERNATIVAS DE CONTENCIÓN DEL SUELO ARENOSO  
PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LOS LAURELES DE  
VILLA EL SALVADOR**  
**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. GONZÁLEZ SALAS, ALEXANDRA MAGALY**

**Bach. VALVERDE ESPINOZA, LESLY EVELYN**

**ASESOR. Mg. Ing. TORRES CHUNG, CÉSAR ROBERTO**

**LIMA-PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A mis papás y abuelitos, Bauti y Hortensia, que siempre han estado apoyándome.

González Salas, Alexandra Magaly

A mis padres Elio y Rosa junto con mis hermanos Katy, Julio y Sindy quienes con su amor y apoyo incondicional me ayudaron durante toda mi carrera profesional.

Valverde Espinoza, Lesly Evelyn

## **AGRADECIMIENTO**

Al finalizar este trabajo queremos utilizar este espacio para agradecer a Dios por su guía y bendiciones, a nuestros docentes por cultivar sus conocimientos y ayudar en nuestra formación profesional a lo largo de la carrera, en especial a nuestro asesor por su valioso aporte en nuestra investigación.

González Alexandra y Valverde Lesly

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XIV</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>16</b>
1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL Y ESPECÍFICOS .....	16
1.1.1 Problema general .....	18
1.1.2 Problemas específicos.....	18
1.2 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS .....	18
1.2.1 Objetivo general.....	18
1.2.2 Objetivos específicos .....	18
1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.4 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	19
1.4.1 Importancia .....	19
1.4.2 Justificación teórica .....	19
1.4.3 Justificación metodológica .....	20
1.4.4 Justificación práctica .....	20
1.4.5 Justificación social.....	20
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1 MARCO HISTÓRICO (ANTECEDENTES).....	21
2.2 INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON EL TEMA.....	21
2.2.1 Antecedentes internacionales.....	21
2.2.2 Antecedentes nacionales .....	23
2.3 ESTRUCTURA TEÓRICA Y CIENTÍFICA QUE SUSTENTA EL ESTUDIO .....	25
2.3.1 Estabilidad de taludes .....	25
2.3.2 Muros de contención.....	30
2.3.3 Proceso constructivo de muro de contención con neumáticos .....	34
2.3.4 Proceso constructivo de muro de contención de pircas .....	37
2.3.5 Proceso constructivo de muro de contención de concreto.....	39
2.3.6 Ensayos de laboratorio.....	41
2.3.7 Fotogrametría.....	56

2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	58
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>60</b>
3.1 HIPÓTESIS.....	60
3.1.1 Hipótesis principal.....	60
3.1.2 Hipótesis secundarias.....	60
3.2 VARIABLES... ..	60
3.2.1 Definición conceptual de las variables .....	60
3.2.2 Operacionalización de las variables.....	60
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>62</b>
4.1 TIPO Y NIVEL.....	62
4.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	63
4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	63
4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	63
4.5 TIPOS DE TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	64
4.5.1 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.....	65
4.5.2 Procedimientos para la recolección de datos .....	66
4.6 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	66
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>67</b>
5.1 DIAGNÓSTICO Y SITUACIÓN ACTUAL.....	67
5.1.1 Antecedentes.....	67
5.1.2 Generalidades .....	71
5.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	107
5.2.1 Ms Excel.....	107
5.2.2 Slide.....	112
5.3 ANÁLISIS DE RESULTADO .....	115
5.3.1 Para los análisis de resultados de ms Excel.....	115
5.3.2 Para el análisis de resultados de slide v6.0.....	117
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>118</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>120</b>

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>127</b>
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	127
Anexo 2: Resultados del estudio de suelos.....	128
Anexo 3: Mapa de peligro sísmico probabilístico Lima.....	157
Anexo 4: Hojas de Cálculo MS Excel.....	158
Anexo 5: Presupuesto.....	170

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Empuje lateral de tierra.....	31
Tabla 2 Factores de seguridad en condiciones dinámicas .....	32
Tabla 3 Cantidad mínima de muestra para granulometría según tamaño absoluto del suelo.....	42
Tabla 4 Tiempo mínimo de reposo según clasificación. ....	55
Tabla 5 Perfil del Terreno.....	76
Tabla 6 Cantidades de muestras.....	76
Tabla 7 Resumen de los resultados de los ensayos de Laboratorio.....	77
Tabla 8 Parámetros geotécnicos propuestos para el talud – Corte 1 .....	80
Tabla 9 Parámetros geotécnicos propuestos para el talud – Corte 2 .....	80
Tabla 10 Pesos específicos de material de relleno con llantas .....	81
Tabla 11 Datos iniciales de muro de llantas en el corte 1.....	83
Tabla 12 Datos iniciales de muro de pirca en el corte 1 .....	84
Tabla 13 Datos iniciales de muro de concreto en el corte 1 .....	85
Tabla 14 Datos iniciales del muro de Llantas en el corte 2 .....	86
Tabla 15 Datos muro de pircas en el corte 2.....	87
Tabla 16 Datos muros de concreto en el corte 2.....	88
Tabla 17 Resultados del muro de llantas en el corte 1.....	108
Tabla 18 Resultados del muro de Pircas en el corte 1 .....	109
Tabla 19 Resultados del muro de concreto en el corte 1 .....	109
Tabla 20 Resultados del muro de llantas en el corte 2.....	110
Tabla 21 Resultados del muro de Pircas en el corte 2 .....	111
Tabla 22 Resultados del muro de concreto en el corte 2 .....	111
Tabla 23 Parámetros de los perfiles del corte 1 y 2 .....	112
Tabla 24 Resultados del muro de llantas en el corte 1.....	112
Tabla 25 Resultados del muro de pircas en el corte 1 .....	113
Tabla 26 Resultados del muro de concreto en el corte 1 .....	113
Tabla 27 Resultados del muro de llantas en el corte 2.....	114
Tabla 28 Resultados del muro de pircas en el corte 2 .....	114
Tabla 29 Resultados del muro de concreto en el corte 2 .....	115
Tabla 30 Cuadro de resultados de factor de seguridad para el corte 1 .....	115

Tabla 31 Cuadro de resultados de factor de seguridad para el corte 2 .....	116
Tabla 32 Presupuesto por m <sup>2</sup> para el corte 1 .....	116
Tabla 33 Presupuesto por m <sup>2</sup> para el corte 2 .....	116
Tabla 34 Cuadro de resumen del análisis estático y pseudo estático del corte 1 .....	117
Tabla 35 Cuadro de resumen del análisis estático y pseudo estático del corte 2.....	117



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del Asentamiento Humano Los Laureles en Villa el Salvador .....	16
Figura 2: Suelo arenoso en el AA.HH. Los Laureles en Villa el Salvador .....	17
Figura 3: Descripción general de un talud .....	26
Figura 4: Fuerzas que actúan sobre las dovelas en el método Spencer .....	30
Figura 5: Esquema de dimensionamiento de muros de gravedad.....	31
Figura 6: Modelo de falla según Meyerhof .....	32
Figura 7: Sección transversal del muro de contención de llantas .....	33
Figura 8: Sección transversal de muro de contención de pirca.....	34
Figura 9: Vista general de una obra desarrollada con llantas de refuerzo .....	34
Figura 10: Conformación y nivelación del terreno .....	35
Figura 11: Recolección y selección de llantas de desechos .....	35
Figura 12: Corte de llantas .....	36
Figura 13: Llenado manual de material seleccionado en la llanta .....	36
Figura 14: Esquema de colocación de llantas .....	37
Figura 15: Sistema de drenaje para muros de llantas.....	37
Figura 16: Muro de pircas.....	38
Figura 17: Excavación de la cimentación .....	39
Figura 18: Aplicación del solado .....	39
Figura 19: Colocación del acero .....	40
Figura 20: Encofrado del muro .....	40
Figura 21: Desencofrado, relleno y plataformado del muro de contención.....	41
Figura 22: Gráfico para determinar el límite líquido .....	46
Figura 23: Esquema del ensayo del corte sencillo y del corte doble. ....	50
Figura 24: Dispositivo para el ensayo de corte directo.....	52
Figura 25: Modelo digital de elevaciones y modelo digital del terreno. ....	56
Figura 26: Curvas de nivel.....	57
Figura 27: Ortofotografías. ....	57
Figura 28: Esquema del equipo de resistencia al esfuerzo cortante. ....	65
Figura 29: Área geográfica del distrito de Villa El Salvador. ....	67
Figura 30: Ubicación AA.HH. Los Laureles, distrito de Villa El Salvador .....	68

Figura 31: Vista del AA.HH. Los Laureles, Villa EL Salvador en el programa Autodesk Recap 306° .....	68
Figura 32: Viviendas en riesgo sísmico en el distrito de Villa El Salvador. ....	70
Figura 33: Geología del sector Lomo de Corvina y alrededores .....	71
Figura 34: Ubicación de las calicatas – Programa Autodesk Recap 360° .....	72
Figura 35: Muro de Pirca en Los laureles de Villa de Salvador .....	72
Figura 36: Ubicación de la Zona 1 .....	72
Figura 37: Calicata 1 .....	73
Figura 38: Calicata 3 .....	73
Figura 39: Muro de llantas en los Laureles de Villa de Salvador.....	74
Figura 40: Ubicación de la Zona 2.....	74
Figura 41: Calicata 2.....	75
Figura 42: Calicata 3.....	75
Figura 43: Muestras de suelo en el laboratorio.....	77
Figura 44: Drone utilizado en el estudio.....	78
Figura 45: Perfil del corte 1 en Global Mapper .....	78
Figura 46: Perfil del corte 1 en Autocad.....	79
Figura 47: Perfil del corte 2 en Global Mapper .....	79
Figura 48: Perfil del corte 2 en Autocad.....	79
Figura 49: Llanta 315/80R22.5 .....	82
Figura 50: Llanta dimensionada .....	82
Figura 51: Muestras A y B para la obtener el peso específico de la piedra.....	83
Figura 52: Método de Bishop simplificado para el muro de llantas en el corte 1 .....	90
Figura 53: Método de Spencer para el muro de llantas en el corte 1 .....	90
Figura 54: Método de Morgenstern Price para el muro de llantas en el corte 1 .....	91
Figura 55: Método de Bishop simplificado para el muro de pircas en el corte 1 .....	91
Figura 56: Método de Spencer para el muro de pircas en el corte 1.....	92
Figura 57: Método de Morgenstern Price para el muro de pircas en el corte 1 .....	92
Figura 58: Método de Bishop simplificado para el muro de concreto en el corte 1 .....	93
Figura 59: Método de Spencer para el muro de concreto en el corte 1 .....	93
Figura 60: Método de Morgenstern Price para el muro de concreto en el corte 1.....	94
Figura 61: Método de Bishop simplificado para el muro de llantas en el corte 1 .....	94

Figura 62: Método de Spencer para el muro de llantas en el corte 1 .....	95
Figura 63: Método de Morgenstern Price para el muro de llantas en el corte 1 .....	95
Figura 64: Método de Bishop simplificado para el muro de pircas en el corte 1 .....	96
Figura 65: Método de Spencer para el muro de pircas en el corte 1 .....	96
Figura 66: Método de Morgenstern Price para el muro de pircas en el corte 1 .....	97
Figura 67: Método de Bishop simplificado para el muro de concreto en el corte 1 .....	97
Figura 68: Método de Spencer para el muro de concreto en el corte 1 .....	98
Figura 69: Método de Morgenstern Price para el muro de concreto en el corte 1 .....	98
Figura 70: Método de Bishop simplificado para muro de llantas en el corte 2 .....	99
Figura 71: Método de Spencer para muro de llantas en el corte 2 .....	99
Figura 72: Método de Morgenstern Price para muro de llantas en el corte 2 .....	100
Figura 73: Método de Bishop simplificado para muro de pircas en el corte 2 .....	100
Figura 74: Método de Spencer para muro de pircas en el corte 2 .....	101
Figura 75: Método de Morgenstern Price para muro de pircas en el corte 2 .....	101
Figura 76: Método de Bishop simplificado para muro de concreto en el corte 2 .....	102
Figura 77: Método de Spencer para muro de concreto en el corte 2 .....	102
Figura 78: Método de Morgenstern Price para el muro de concreto en el corte 2 .....	103
Figura 79: Método de Bishop simplificado para muro de llantas en el corte 2 .....	103
Figura 80: Método de Spencer para muro de llantas en el corte 2 .....	104
Figura 81: Método de Morgenstern Price para muro de llantas en el corte 2 .....	104
Figura 82: Método de Bishop simplificado para muro de pircas en el corte 2 .....	105
Figura 83: Método de Spencer para muro de pircas en el corte 2 .....	105
Figura 84: Método de Morgenstern Price para muro de pircas en el corte 2 .....	106
Figura 85: Método de Bishop simplificado para muro de concreto en el corte 2 .....	106
Figura 86: Método de Spencer para muro de concreto en el corte 2 .....	107
Figura 87: Método de Morgenstern Price para el muro de concreto en el corte 2 .....	107
Figura 88: Muro de llantas dimensionado en el corte 1 .....	108
Figura 89: Muro de pircas dimensionado en el corte 1 .....	108
Figura 90: Muro de concreto dimensionado en el corte 1 .....	109
Figura 91: Muro de llantas dimensionado en el corte 2 .....	110
Figura 92: Muro de pircas dimensionado en el corte 2 .....	110
Figura 93: Muro de Concreto en el corte 2 .....	111

## RESUMEN

El propósito de esta investigación fue estudiar el comportamiento geotécnico e identificar la mejor alternativa de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en el Asentamiento Humano Los Laureles en el distrito de Villa El Salvador, por medio de una comparación técnica y económica. Para ello se seleccionó dos tipos de muro de contención: Muro de Pircas y Muro de Llantas, con los cuales se realizó el diseño y pre dimensionamiento en hojas de cálculo MS Excel hallando los factores de seguridad por volteo, deslizamiento y por capacidad de carga y seguidamente se realizó el análisis de estabilidad utilizando el software Slide V. 6.0 mediante los métodos de Bishop simplificado, Spencer y Morgenstern Price.

Previo al estudio se recopiló muestras in situ por medio de calicatas, para realizar los ensayos de laboratorio; granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad, peso unitario y corte directo, por lo que se obtuvieron los parámetros geotécnicos del suelo, también se realizó un levantamiento topográfico con drone (fotogrametría), los cuales en conjunto dieron lugar al modelo geotécnico del estudio de investigación.

En los resultados más significativos se obtuvo la mejor alternativa económica para el corte 1, el muro de llantas debido a su fácil construcción en la zona y menor costo y para el corte 2, la opción económica adecuada sería un muro de pircas; como opción adicional se recomendó usar un muro de concreto puesto que la topografía de la zona lo amerita, aunque demande una mayor inversión.

**Palabras Clave:** Muro de pircas, Muro de llantas, alternativa técnica económica, estabilidad de taludes, suelo arenoso, factor de seguridad.

## ABSTRACT

The purpose of this research was to study the geotechnical behavior and identify the best alternative to contain the sandy soil for the stability of slopes in the Los Laureles Human Settlement in the district of Villa El Salvador, through a technical and economic comparison. For this, two types of retaining wall were selected: Pircas Wall and Tire Wall, with which the design and pre-sizing was carried out in MS Excel spreadsheets, finding the safety factors for turning, sliding and for load capacity and then the stability analysis was performed using Slide V. 6.0 software using the simplified Bishop, Spencer and Morgenstern Price methods.

Before the study, samples were collected in situ by means of test pits, to carry out laboratory tests; granulometry, consistency limits, moisture content, unit weight and direct cut, for which the geotechnical parameters of the soil were obtained, a topographic survey with drone (photogrammetry) was also carried out, which together gave rise to the geotechnical model of the study research.

In the most significant results, the best technical and economic alternative was obtained for the tire wall due to its easy construction in the area and lower cost. It was recommended to use a concrete wall as the ideal option since the topography of the area warrants it, although it requires a greater investment.

**Key Words:** Wall of stone walls, Wall of tires, economic technical alternative, slope stability, sandy soil, safety factor.

## INTRODUCCIÓN

En el Perú la construcción de edificaciones presenta un significativo crecimiento, por la necesidad que existe de tener una vivienda puesto que la población y la emigración va en aumento; por esta razón, lo que resultaría problematizado en la zona sería el colapso de una edificación y la mala estabilidad de taludes debido a la mala construcción en pircas, llantas, costalillos de arena y muros de contención mal diseñados. Dadas las características territoriales y la ubicación geográfica del Perú este está sujeto a actividad sísmica y construir en laderas de un suelo arenoso con muros de contención construidos sin asistencia técnica o profesional es poco seguro ya que las zonas de suelo blando y arenoso amplifican las ondas sísmicas.

El propósito de la presente investigación se aboca al análisis de los muros de contención para la estabilidad de taludes en un suelo arenoso como es en los Laureles de Villa El Salvador, buscando así una alternativa de contención que presente ventajas considerables en los aspectos técnico y económico, en contraste con la alternativa tradicional, para así mostrar una opción más eficiente y al alcance de la población.

El objetivo general de este trabajo de investigación es comparar entre el muro de pirca y un muro de llantas los aspectos técnicos y económicos para la estabilización de taludes en el Asentamiento Humano Los Laureles de Villa El Salvador.

El presente estudio está estructurado en cinco capítulos, siendo estos:

Capítulo I, comprende el planteamiento del problema, incidiendo en la descripción y formulación del problema general y específicos, el objetivo general y los objetivos específicos, las limitaciones del estudio y la importancia y justificación de esta investigación.

Capítulo II, comprende los antecedentes del estudio de investigación, las bases teóricas vinculadas a las variables de estudio, administración y proceso estratégico y definición de términos básicos.

Capítulo III, donde encontramos la hipótesis general y las hipótesis secundarias, la definición conceptual de las variables y la operacionalización de estas.

Capítulo IV, la metodología del estudio comprende el tipo y nivel de la investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

Capítulo V, donde encontramos la presentación y análisis de resultados comprende el diagnóstico y situación actual de la zona, antecedentes, generalidades, presentación de resultados y análisis de estos.

Completan la investigación las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

Según la Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios del Perú (ADI, 2019) anualmente se construyen alrededor de 50,000 viviendas informales en Lima, con el riesgo de colapsar ante un eventual sismo debido a que no se edificaron con base en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). La mayoría de estas viviendas se encuentran en laderas que están compuestas por un suelo arenoso lo cual amplifica más el riesgo por deslizamiento. Según Jiménez (2020) informó que el distrito de Villa el Salvador se encuentra entre los seis distritos más vulnerable ante un evento sísmico debido al tipo de suelo inestable que predomina en la zona, a pesar de esto los pobladores han autoconstruido sus viviendas sobre laderas empleando una cimentación reforzada, sin embargo, la mala estabilidad del talud lleva a la edificación al colapso o evidencian fisuras. Además, si el suelo presenta partes de agua y/o arena, a lo largo del tiempo se podría ocasionar una licuefacción, siendo esta la acción en que la arena se vuelva inestable y la edificación que sostiene se convierta en un líquido y está se venga abajo.

El lugar de estudio es en la provincia de Lima, en el distrito de Villa El Salvador específicamente en el Asentamiento Humano Los Laureles (ver Figura 1), donde predomina un suelo de naturaleza arenosa, ligeramente plástico, que tiene ligero contenido de humedad y compacidad media (ver Figura 2).



Figura 1: Ubicación del Asentamiento Humano Los Laureles en Villa el Salvador

Fuente: Google Maps (2021)





Figura 2: Suelo arenoso en el AA.HH. Los Laureles en Villa el Salvador

Fuente: Propia (2021)

Según estudios anteriores realizados por la Universidad Nacional de Ingeniería y el Centro Peruano – Japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres, en el año 2011 realizaron un informe de microzonificación sísmica del distrito de Villa El Salvador, donde no se observa napa freática cercana a la superficie y corresponde según la microzonificación sísmica a un área de riesgo sísmico moderado a extremadamente alto.

Se deduce que esto sucede por un mal cálculo del factor de seguridad, factores detonantes (lluvia, sismos, etc.), mecanismos potenciales de falla (zona de riesgo o zona no apta de construcción) y efectividad de opciones de estabilización. Lo que resulta problematizado de esta situación, es el colapso de una edificación y la mala estabilidad de taludes debido a las prácticas inadecuadas de construcción como el uso de pircas, llantas, costalillos de arena y muro de contención mal diseñado. Bernal (2020) señaló que las ondas sísmicas actúan diferente ante el tipo de suelo que se encuentre, en el caso de las zonas con un suelo fino, arenoso y arcilloso las ondas sísmicas se amplifican, transmiten las fuerzas de corte por toda la estructura del edificio y provocan fisuras o rajaduras, en cambio, en zonas con un suelo rocoso las ondas sísmicas se acentúan. Esto es un problema para la población en general, empresas constructoras, trabajadores, etc. que al tener algún problema con su vivienda pueden tener daños irreparables o hasta perder la vida.

Soto (como se citó en el Diario Correo, 2019) afirmó que “Las familias que habitan en estos asentamientos humanos, son migrantes, que por la necesidad de tener un techo donde habitar compran terrenos en zonas altamente peligrosas y levantan sus casas sin tomar en cuenta el riesgo al que se exponen.”

#### 1.1.1 Problema general

¿En qué medida un muro de pirca frente a un muro de llantas será la mejor alternativa técnica – económica para la estabilización de taludes en los Laureles de Villa el Salvador?

#### 1.1.2 Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la mejor alternativa de contención en cuanto a los factores de seguridad para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa el Salvador?
- b) ¿Cuál es la mejor opción entre muro de llantas y muro de pircas como alternativa de contención en cuanto a los métodos Bishop simplificado, Morgenstern Price y Spencer dentro del análisis de estabilidad de taludes en Los Laureles de Villa el Salvador usando el programa Slide?
- c) ¿Cuál es la mejor alternativa de contención más económica para la estabilización de taludes en Los Laureles de Villa el Salvador?

### 1.2 Objetivo general y específicos

#### 1.2.1 Objetivo general

Comparar entre el muro de pirca y muro de llantas los aspectos técnicos y económicos para la estabilización de taludes en Los Laureles de Villa el Salvador

#### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Comparar el muro de pirca con el muro de llantas bajo los parámetros de factor de seguridad para la estabilización de taludes en Los Laureles de Villa el Salvador.
- b) Analizar en el programa Slide cuál es la mejor opción entre muro de llantas y muro de pircas como alternativa de contención en cuanto a los métodos

Bishop simplificado, Morgenstern Price y Spencer dentro del análisis de estabilidad de taludes en Los Laureles de Villa el Salvador.

- c) Comparar el muro de pirca y el muro de llantas en el aspecto económico para la estabilización de taludes en los Laureles de Villa el Salvador.

### 1.3 Delimitación de la investigación

Espacial: La zona de estudio donde se realizará la recolección de datos, se encuentra situada en el Asentamiento Humano Los Laureles de Villa El Salvador – Lima -Perú con un perímetro de 737 m, un área de 34.377 m<sup>2</sup> y una elevación entre 97 - 113 m.s.n.m.

En la zona se observaron viviendas construidas con material noble de 1 a 4 pisos, algunas de ellas en casco, otras con un porcentaje de acabados y viviendas prefabricadas de 1 o 2 pisos. El AA.HH. Los Laureles no cuenta con un asfaltado de vías, que sería de gran ayuda para el desarrollo de la zona.

Temporal: El estudio abarcó el período comprendido entre los meses de mayo y octubre del año 2021

Conceptual: La presente investigación tiene como finalidad comparar técnica y económicamente los muros de pirca y los muros de llantas como alternativa de contención para la estabilización de taludes en la zona de estudio.

### 1.4 Importancia y justificación del estudio

#### 1.4.1 Importancia

Este estudio es importante porque ayudará a identificar un problema que es casi común en las construcciones en las laderas de los cerros de menor posibilidad adquisitiva económicamente hablando, teniendo en cuenta que el distrito de Villa El Salvador presenta un suelo arenoso en la mayoría de su área.

#### 1.4.2 Justificación teórica

Se aplicará como antecedente para próximos estudios donde presente un tipo de suelo arenoso, visto que muchas edificaciones se encuentran construidas en laderas o zonas con alto riesgo ante desastres naturales, como puede ser, un sismo o deslizamiento por acción pluvial. Por poseer un suelo arenoso y blando

que amplifica las ondas sísmicas, transmiten las fuerzas de corte por toda la estructura del edificio y provocan fisuras o rajaduras.

#### 1.4.3 Justificación metodológica

Con este trabajo se propone estudiar el comportamiento geotécnico y alternativas de contención en un suelo arenoso para la estabilidad de taludes, mediante un software especializado y hojas de cálculo.

#### 1.4.4 Justificación práctica

Se busca justificar de forma práctica por ser un estudio efectivo que teniendo en cuenta puntos claves antes de empezar la construcción en una ladera se podría evitar tragedias y/o daños.

#### 1.4.5 Justificación social

Al realizar estudio del comportamiento geotécnico del suelo arenoso en Los Laureles perteneciente al distrito de Villa El Salvador, contribuirá como información de un adecuado procedimiento constructivo para sus habitantes y a la vez a familias que residen en una zona que predomina un suelo arenoso, para así, reducir o evitar futuras pérdidas materiales y en el peor de los casos pérdidas humanas.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco histórico (antecedentes)

El Diario el Comercio señala que, a partir del 13 de abril del año 2021, miles de personas por diferentes motivos, principalmente el económico, invadieron mediante carpas, plásticos, esteras, piedras, palos de madera y todas sus pertenencias la zona de Lomo de Corvina en el distrito de Villa el Salvador sin importarles las consecuencias y peligros que conllevan residir en dicha zona. Manuel de Rivero, arquitecto y urbanista indicó para el diario El Comercio (2021) que “Lomo de Corvina es una duna, que es arena que ha venido generándose por el río de Lurín. Este ha venido moliendo los Andes por millones de años y esa arena se deposita frente a Pachacamac, la corriente lo lleva y el viento hace que se vaya acumulando ahí”.

### 2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

#### 2.2.1 Antecedentes internacionales

González y León (2013) en su investigación titulada “Análisis cuantitativo de la estabilidad en taludes y laderas” exponen como objetivo dar a conocer información actualizada sobre el análisis de la estabilidad en taludes y laderas, con énfasis en los métodos de cálculo más utilizados, su aplicación y resultados obtenidos, mediante dos casos sencillos, se demuestra cómo se encuentran relacionados los métodos de equilibrio límite con los métodos tenso-deformaciones, y como cada uno aporta una gran cantidad de información acerca de la estabilidad de un determinado talud. Finalmente, los métodos tenso-deformaciones no manejan una superficie de rotura, mientras que todos los métodos de equilibrio límite la manejan ya sea circular o plana generalmente.

Torres (2016) en su estudio “Estabilización de taludes con neumáticos usados” planteó como objetivo principal revisar el estado del arte de la técnica de estabilización de taludes con neumáticos usados en Francia, Estados Unidos y en algunos países de Latinoamérica, para el desarrollo de este estudio se utilizó como herramienta principal la consulta bibliográfica en base de datos, internet y entidades distritales, otra herramienta utilizada para la simulación del talud es el programa Slide de Rocscience versión 6, como conclusión el uso de este

material no convencional podría reducir el impacto ambiental de la explotación de las canteras para obtener el material del que se componen los gaviones.

Rodríguez (2016) en su estudio “Estandarización de técnicas de diseño y construcción de muros de tierra reforzada con llantas de desecho” formuló como objetivo plantear y estandarizar el diseño y construcción de muros con neumáticos fuera de uso, realizando el ensayo de corte directo para recolectar las propiedades del material de relleno de los neumáticos para luego crear una hoja de cálculo con el fin de diseñar los muros de llantas, finalmente se determinó que los muros de llantas es una solución práctica y económica, además de que cumple con los factores de seguridad requeridos para un buen diseño.

Criollo y León (2017) en su tesis con nombre “Construcción y análisis de un modelo experimental de muro de contención, fabricado con llantas recicladas usando suelo in situ” exponen como objetivo principal desarrollar y analizar un muro de llanta frente a esfuerzos que genera el suelo bajo condiciones de talud realizando un muro de llantas a escala real para observar su comportamiento teniendo como resultado, una falla por volcamiento debido a que el muro de llantas de altura 1.55 m no puede contener la masa del suelo del talud.

Nader (2018) en su estudio “Viabilidad de muro de contención de gravedad mediante la utilización de llantas usadas” planteó como objetivo analizar si es factible realizar la construcción de un muro llantas, para el desarrollo de este estudio se utilizó fuentes literarias, teniendo como conclusión que el muro de llantas es viable además de económica y ecológica.

Peña (2018) en su investigación titulada “Muro de contención mediante la utilización de neumáticos desechados para alturas menores” formuló como objetivo principal investigar el material compuesto por neumático y suelo compactado como unidad base para la construcción de muros de contención, para esto se realiza una extensiva revisión de literatura relativa a este tipo de muros, además de una revisión en donde se mencionan otros usos de los neumáticos en obras civiles; además de ensayar muestras de neumáticos al corte directo en laboratorio para la determinación del esfuerzo de corte

entre dos superficies de caucho, finalmente, la investigación deja en evidencia que la opción que presentan los neumáticos desechados para la construcción de muros de contención permite crear estructuras mecánicamente confiables, tecnológicamente simples y de un bajo costo económico y ambiental, que permiten la estabilización de suelos.

Linares (2020) en su tesis titulada “Propuesta teórica de muros con llantas de acuerdo con las características de los suelos de la región. Caso de estudio: Departamento de Caldas” señaló como objetivo principal establecer los elementos de construcción para el diseño de muros de llantas, con las características del suelo de la zona de estudio realizando diversos ensayos de laboratorios para así realizar un análisis estadísticos y posteriormente calcular y diseñar un muro de neumáticos como una alternativa de construcción, llegando a la conclusión que el ángulo de fricción es un parámetro determinante para el diseño de los muros de neumáticos.

### 2.2.2 Antecedentes nacionales

Ramos (2018) en su investigación titulada “Riesgo sísmico en edificaciones autoconstruidas sobre suelos arenosos en el sector III del distrito de Villa El Salvador, 2017” de la Universidad César Vallejo en la ciudad de Lima, planteó como objetivo principal, determinar el nivel de riesgo sísmico en edificaciones construidas sin supervisión de especialistas como ingenieros y arquitectos en una zona poco estable. El estudio se desarrolló mediante ensayos de granulometría y clasificación de suelos, realizados en los laboratorios de mecánica de suelos de la Universidad Federico Villarreal, además de una observación directa a veinte viviendas. Finalmente se comprobó que el riesgo sísmico es alto para un 70% de las familias del sector III del distrito de Villa el Salvador.

El Instituto Nacional de Defensa Civil (2018) señaló en el “Informe de Estimación de Riesgo para la Gestión reactiva – AA.HH. Lomo de Corvina – Sector X – Grupo 4 – Villa El Salvador” como objetivo principal, realizar el análisis de la situación de riesgo de derrumbe en la zona vulnerable, la investigación se desarrolló mediante ensayos geotécnicos y una Inspección geológica, geodinámica e ingeniero - geológica del sector Lomo de Corvina,

en el cual identifican diversos fenómenos adicionales para todo el asentamiento humano de Lomo de Corvina como arenamiento, tsunamis, entre otros. Concluyendo que, el relieve de Lomo de Corvina, está propenso a deformaciones por eventos sísmicos. Asimismo, existe susceptibilidad a derrumbes y flujos secos de arena, así como inestabilidad de laderas en la zona evaluada.

Canchari (2018) en su estudio “Diseño de muros de contención utilizando neumáticos reciclados en laderas de cerro del AA.HH. Ciudad de los Constructores, Distrito de San Juan de Lurigancho, Lima 2018” estableció como objetivo diseñar muros de neumáticos fuera de uso con consideraciones sísmicas por medio de hojas de cálculo Excel de Microsoft Office, AutoCad Civil 3D y Slide Rocscience, se concluyó que el muro de pircas tiene un proceso constructivo no muy complicado de tal manera que las personas sin conocimiento previo lo pueden realizar, además se garantizó el cumplimiento de factores de seguridad por volteo, deslizamiento y capacidad de carga.

Cueto (2018) en su tesis de investigación “Propuesta técnica para estabilizar talud con neumáticos reciclados, trocha carrozable Hualituna – Curva Gervasio – región Junín” propuso como objetivo determinar la estabilización de un muro de neumáticos reciclados en una trocha carrozable ubicada en Junín mediante ensayos de laboratorios y visitas al lugar de estudio, teniendo como conclusión la viabilidad del muro de llantas con un diámetro 0.72m y 0.45m de diámetro interior.

Maguiña (2019) en su investigación titulada “Caucho reciclado de llantas en la mezcla de Asfalto a Compresión para mejorar las Propiedades Mecánicas” señaló como objetivo principal es obtener el porcentaje de incorporación del caucho a una mezcla asfáltica, obteniendo como resultado que el grano de caucho reciclado mejora la resistencia a la deformación de una mezcla asfáltica Castro (2019) en su estudio “Evaluación de muros de contención para estabilización de taludes como propuesta ante la vulnerabilidad sísmica en el asentamiento humano Bellavista, distrito de Independencia, 2018” mencionó como objetivo principal evaluar el muro de contención como alternativa para soportar un evento sísmico en el asentamiento humano de Bellavista realizando



extracción de muestras para diversos ensayos de laboratorios obteniendo como resultado que el muro de contención es viable, sin embargo, debe de tener un mantenimiento y vigilancia continua.

Zanelli (2019) en su investigación titulada “Evaluación de vulnerabilidad sísmica de pircas mediante modelación numérica en elementos discretos: aplicación al caso de las pircas en Carabayllo, Lima” señaló como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica del muro de pircas, estimando la máxima intensidad de un movimiento sísmico, luego se calcularán las curvas de vulnerabilidad sísmica, teniendo como resultado que las viviendas sobre pircas quedarían con un daño estructural.

Alcántara (2020) en su tesis “Evaluación experimental del desempeño de muros de contención de piedra de junta seca usando especímenes a escala reducida” propuso como objetivo principal evaluar experimentalmente el comportamiento de los muros de piedra de junta seca ante las cargas del suelo a través de ensayos de laboratorios, bibliografía, concluyendo que con los ensayos a escala reducida se puede validar teóricamente los resultados de ensayos a escala natural.

Ramos (2021) señaló en su tesis “Evaluación del riesgo sísmico de viviendas sobre pircas en un asentamiento humano en el distrito de Villa María del Triunfo” como objetivo principal evaluar cual es el riesgo sísmico de un muro de pircas mediante ensayos estáticos obteniendo el ángulo de inclinación de colapso y estimando los empujes y fuerzas inerciales, por lo que se concluye un alto riesgo sísmico para las viviendas que tienen como cimentación muros de pircas.

## 2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

### 2.3.1 Estabilidad de taludes

Se denomina talud a toda superficie inclinada en relación a la horizontal que delimita una masa de suelo, roca u otro material. Pueden ser naturales como artificiales. En la Figura 3 se muestran las partes correspondientes de un talud.

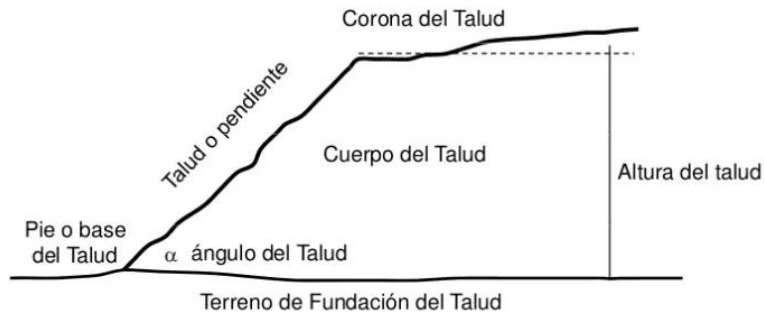


Figura 3: Descripción general de un talud

Fuente: Donayre, 2015, diapositiva 7

El objetivo de un análisis de estabilidad es evaluar la posibilidad de ocurrencia de deslizamiento de una masa de suelo presente en un talud natural o artificial.

– Tipos y causas de falla.

a) Falla por deslizamiento superficial

Esta falla es muy común y peligrosa en laderas naturales y casi siempre implica áreas importantes, que cualquier solución para esta zona, escapa de los límites económicos. Por lo tanto, se requiere un cambio de ubicación de la obra para evitar la zona de deslizamiento. El fenómeno se hace visible por algunos efectos notables como la inclinación de árboles, por efecto de arrastre producido por las capas superiores del terreno.

Juárez (2011) afirma: “Los factores envueltos son tantos y tan complejos y actúan en períodos de tiempo tan impredecibles que cualquier análisis teórico se hace prácticamente imposible”. (p.181).

b) Falla por movimiento del cuerpo del talud

Así como existen movimientos lentos también pueden suscitarse movimientos violentos que repercuten en grandes volúmenes de suelo, con una superficie de falla que penetra profundamente, a esto se le llama deslizamiento de tierras.

Juárez (2011) explica que existen dos tipos de fallas; en primer lugar, se encuentra las fallas por traslación, estas pasan a lo largo de superficies débiles, asimilables a un plano en el cuerpo del talud o

también es un terreno de cimentación, estos planos débiles comúnmente son horizontales o muy poco inclinados respecto a la horizontal. En segundo lugar, están las fallas por rotación, pueden presentarse pasando la superficie de falla por el pie del talud, sin importar el terreno de la cimentación o pasando delante del pie, afectando al terreno en que el talud se apoya.

c) Falla por flujos

Juárez (2011) sustenta que una falla por flujos implica movimientos más o menos rápidos en ciertas zonas de una ladera natural, asemejando un fluido viscoso por el movimiento y la distribución aparentemente de las velocidades y desplazamientos. Se puede encontrar este tipo de falla en cualquier superficie compuesta por cemento, sucediendo tanto en materiales secos como en húmedos. Los flujos rápidos en materiales secos son relacionados con la presión de aire, cumpliendo un papel análogo al del agua en casos de licuación de suelo, cuando el material ya es muy húmedo se podría decir que es un fenómeno de licuación.

d) Falla por licuación

Juárez (2011) evidencia que la falla de licuación sucede por lo general cuando en el área de desprendimiento, se transforma de ser un suelo con cierta firmeza a un suelo sin resistencia al esfuerzo cortante casi en su totalidad. Este fenómeno se puede observar en suelos finos como son las arcillas y las arenas.

e) Falla por traslación

Se originan en la mayoría de las veces cuando en el área de los cimientos y a una menor profundidad, hay un estrato en simultáneo al terreno escogido y la resistencia de este suelo es menor. Este proceso es muy común cuando el terreno inicial construye una ladera en inclinación junto con el otro plano teniendo una inclinación parecida. Se puede encontrar planos no fuertes con poca resistencia con capas

cortas de suelo arcilloso blando o de arena fina, bajo una presión que hace que los esfuerzos efectivos disminuyen y la resistencia se reduce con respecto al manto del esfuerzo cortante.

– Métodos de análisis de estabilidad de taludes

Los métodos de análisis de estabilidad en el caso de las laderas naturales tienen por objetivo suponer un mecanismo de falla a través del talud y aplicar a dichos mecanismo las medidas correctivas adecuadas para evitar nuevos movimientos de masas.

a) Método Simplificado de Bishop

Bishop (como se citó en Suarez, 1998) mostró una forma de estudio teniendo en cuenta el efecto de las fuerzas entre dovelas, analizando la estabilidad de taludes con superficies potenciales de falla (SPF) del tipo circular. Versión simplificada de su método, de acuerdo a la Fórmula 1:

$$FS = \sum \frac{[C' b + (W - ub) \tan \phi' / ma]}{\sum W \sin \alpha} \quad (1)$$

Donde:

$$ma = \cos \alpha \left( 1 + \frac{\tan \phi}{F.S.} \right)$$

b = Ancho de la Dovela

W = Peso de cada dovela

C',φ = Parámetros de resistencia del suelo.

u = Presión de poros en la base de cada dovela = γ w x h w

α = Ángulo del radio y la vertical en cada dovela.

b) Método de Spencer

Suarez (2009) escribe que el Método de Spencer es muy completo al cumplir con la característica del equilibrio (equilibrio de momentos y equilibrio de esfuerzos). El proceso de resolución toma en cuenta y asume que las fuerzas establecidas entre las dovelas están de forma paralela (igual ángulo). Al principio Spencer, trabajó este método para superficies circulares solamente, pero al pasar de los años se

comprobó que la fórmula 2 podría servir para superficies que no sean circulares sin ningún problema.

$$F_f = \frac{\Sigma\{c'l \cos \alpha + (p - ul) \tan \phi' \cos \alpha\}}{\Sigma P \sin \alpha + \Sigma kW \pm A} \quad (2)$$

Donde:

P: fuerza normal a la base de la dovela

W: Peso de cada dovela

C'= Parámetro de resistencia del suelo.

l: Medida transversal de cada dovela generalmente es la unidad

$\alpha$  = Ángulo del radio y la vertical en cada dovela.

$\phi$  = Ángulo de fricción interna efectivo

K y A son las distancias desde el punto de acción de cada una de las fuerzas al centro de rotación.

c) Método de Morgenstern Price.

El método desarrollado por Morgenstern y Price en 1965, puede ser aplicado tanto a superficies de rotura circulares como no circulares. Es un método similar al método de Spencer, pero en el caso de Morgenstern y Price permite la especificación de las fuerzas entre rebanadas. Lo que hace ser un método más riguroso que el de Spencer, es que se puede suponer una función establecida para hallar los valores de las fuerzas entre dovelas. Ahora bien, esta suposición de funciones distintas no conlleva a un efecto considerable sobre el cálculo del factor de seguridad, cuando se satisface el equilibrio estático y hay muy poca diferencia entre los resultados del método de Spencer con el de Morgenstern y Price. Para finalizar tanto el método de Morgenstern y Price, como el de Spencer; son métodos muy precisos y pueden ser empleadas en todas las geometrías y perfiles de suelo (Suarez, 2009). Ver Figura 4.

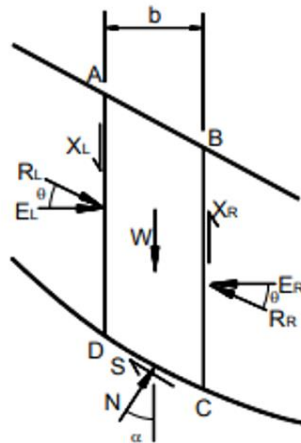


Figura 4: Fuerzas que actúan sobre las dovelas en el método Spencer

Fuente: “Deslizamientos. Análisis geotécnico Vol. 1”, por Suárez (2009, p. 157)

### 2.3.2 Muros de contención

Según Das (2012) son estructuras rígidas utilizadas en proyectos de construcción, destinadas a contener algún material, por lo general de tierra.

Existen tipos de muros de contención:

- Muros de gravedad
- Muros de semi-gravedad
- Muros reforzados
- Muros con contrafuerte

#### – Muro de gravedad

Este tipo de muros soportan los empujes con su propio peso, a veces construidos por concreto plano o mampostería y de poca altura. Su dimensionamiento tiene proporciones generales (ver figura 5) que se debe de cumplir para la obtención de la estabilidad. Das (2012). Se tiene que tener en cuenta que el ancho de la corona debe de tener como mínimo 0.3m para la óptima colocación del concreto, esto último se debe de cumplir para cualquier muro de contención. Además, la profundidad, D, que se encuentra en la parte inferior del muro tiene que tener un valor mínimo de 0.6 m.

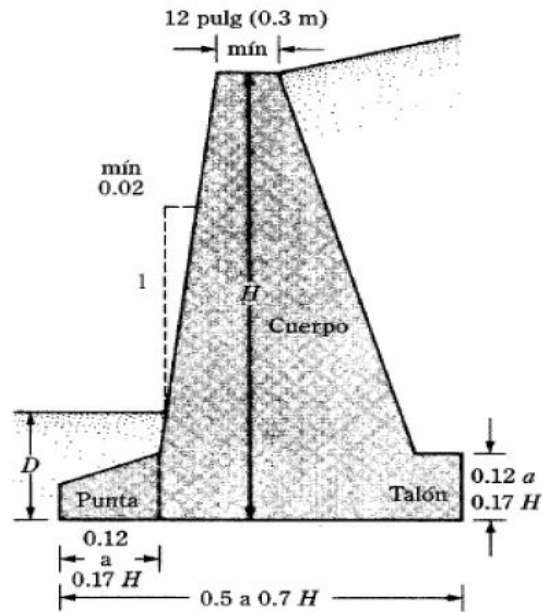


Figura 5: Esquema de dimensionamiento de muros de gravedad

Fuente: Das (2012)

– Empuje lateral de tierra

Según Canchari (2018) el empuje lateral de tierra es la acción que ejerce el talud al muro de contención. Para el correcto diseño y construcción de un muro es necesario aplicar las presiones activa y pasiva, las teorías más utilizadas son la de Coulomb y Rankine. Ver Tabla 1.

Tabla 1  
Empuje lateral de tierra

Descripción	Estado activo	Estado pasivo
Empuje total	$P_a = \frac{\gamma_1 H^2}{2} k_a$	$P_p = \frac{1}{2} k_p \gamma_2 D^2 + 2C_2' \sqrt{k_p} * D$
Coulomb	$k_a = \frac{\text{sen}^2(\beta + \phi')}{\text{sen}^2 \beta \text{sen}(\beta - \delta') \left[ 1 + \frac{\text{sen}(\phi' + \delta') \text{sen}(\phi' - \alpha)}{\text{sen}(\beta - \delta') \text{sen}(\alpha + \beta)} \right]^2}$	$k_p = \frac{\text{sen}^2(\beta - \phi')}{\text{sen}^2 \beta \text{sen}(\beta + \delta') \left[ 1 - \frac{\text{sen}(\phi' + \delta') \text{sen}(\phi' + \alpha)}{\text{sen}(\beta + \delta') \text{sen}(\alpha + \beta)} \right]^2}$
Rankine	$k_a = \frac{1 - \text{sen} \phi}{1 + \text{sen} \phi}$	$k_p = \frac{1 + \text{sen} \phi}{1 - \text{sen} \phi}$

Fuente: Das (2012)

– Factores de seguridad

Para el diseño de cualquier muro de contención deben de cumplir con los factores de seguridad al volteo, deslizamiento y capacidad de carga sea en estado estático como dinámico. Ver Tabla 2.

Tabla 2  
Factores de seguridad en condiciones dinámicas

Factores de Seguridad	
Deslizamiento	1.5
Volcamiento	2.0
Capacidad de Carga	3.0

Fuente: Das (2012)

– Método de Meyerhof

Propone considerar la carga centrada en un ancho real considerando que una faja de cimiento de ancho  $2e$  no contribuye a la capacidad de carga, recomendando sustituir  $B$  por  $B' = B - 2e$ , además, considera todo el terreno por sobre el nivel de cimentación ver Figura 6, teniendo como mecanismo de falla:

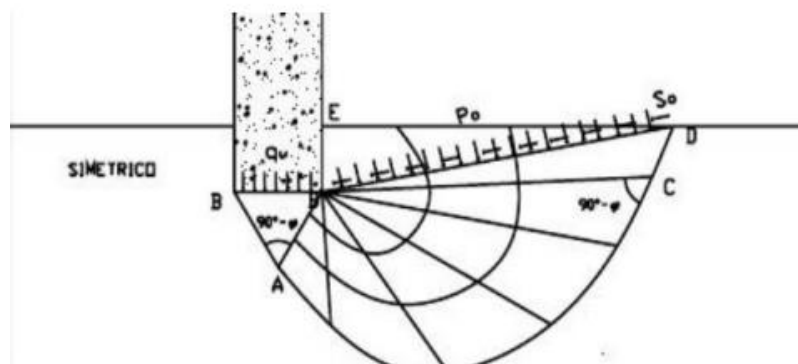


Figura 6: Modelo de falla según Meyerhof

Fuente: Quesada (2017)

- $ABB'$  como una cuña de esfuerzos uniformes que pueden ser considerados en estado activo (Rankine).



- ABC como una cuña limitada por una curva de espiral logarítmica y siendo una zona de esfuerzo cortante radial.
- BCDE como una cuña que es considerada en estado pasivo (Rankine). La línea BD se llama línea de Meyerhof y se considera que en la superficie actúan los esfuerzos normales  $P_o$  y los tangenciales  $S_o$  que son producto de la cuña BDE.

Obteniendo la siguiente fórmula 3 para determinar la capacidad de carga del suelo en un cimiento:

$$q_{br} = CN_c + P_o N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma \quad (3)$$

Donde:

$P_o$ : Esfuerzos normales

Teniendo  $P_o \neq \gamma h$  y  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$ , un valor numérico diferente a los de la teoría de Terzaghi y no dependen únicamente del ángulo de fricción interna ( $\phi$ ), sino también de la profundidad, forma de la cimentación y aspereza de su base.

– Diseño de muros de contención

Para la realización de los muros de contención, ya sea de llantas (ver Figura 7) o pircas (ver Figura 8) pueden ser analizados como muros de gravedad en la cual se requiere conocer las teorías de empuje de tierras para ser analizados y que cumplan con los factores de seguridad de volteo, deslizamiento y capacidad de carga ya antes mencionados.

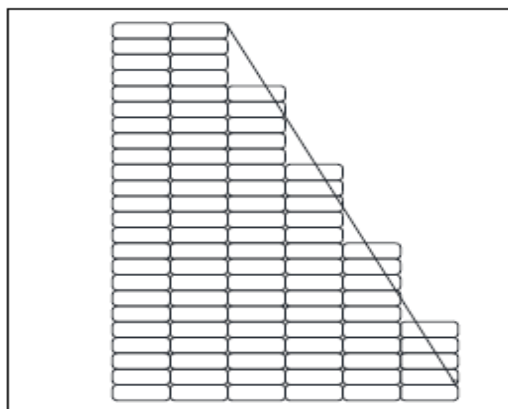


Figura 7: Sección transversal del muro de contención de llantas

Fuente: Canchari (2018)

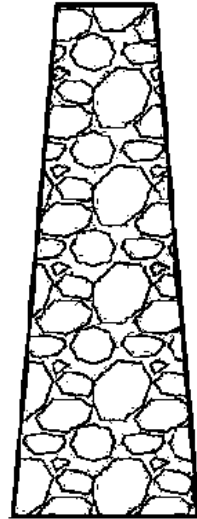


Figura 8: Sección transversal de muro de contención de piedra  
Fuente: Alcántara (2020)

### 2.3.3 Proceso constructivo de muro de contención con neumáticos

Este sistema usa los neumáticos fuera de uso (NFU) como elemento de contención y/o de refuerzo (ver Figura 9).



Figura 9: Vista general de una obra desarrollada con llantas de refuerzo  
Fuente: Rodríguez (2016)

#### – Conformación y nivelación del terreno

Cueto (2018) recomienda la limpieza de la zona a construir el muro a continuación, se debe proceder a los cortes o rellenos según sea el caso con la finalidad de empezar con la nivelación del terreno. Ver Figura 10.



Figura 10: Conformación y nivelación del terreno

Fuente: Cueto (2018)

– Selección de las llantas fuera de uso

Para un buen diseño de muro de llantas se debe de usar neumáticos en buen estado como se aprecia en la Figura 11, a pesar que su vida útil terminó, las llantas no deben de estar reventadas ni que su estructura interna esté expuesta.



Figura 11: Recolección y selección de llantas de desechos

Fuente: Rodríguez (2016)

– Corte de las llantas fuera de uso

Según Rodríguez sugiere que una de las caras de las llantas debe de ser cortadas ya sea con cuchillo o cortadora eléctrica (ver Figura 12), para permitir ser llenada con material seleccionado.



Figura 12: Corte de llantas

Fuente: Rodríguez (2016)

- Llenado en las llantas fuera de uso

Según Rodríguez (2016) se debe utilizar un material de buena calidad, ya sea que provenga de la excavación del suelo natural del lugar o de un sitio de préstamo. Se recomienda el uso de un compactador manual. Ver Figura 13.



Figura 13: Llenado manual de material seleccionado en la llanta

Fuente: Rodríguez (2016)

- Amarre entre las llantas fuera de uso

Según Antúnez (2019) sugiere utilizar para el amarre entre llantas una cuerda de polipropileno de diámetro de  $3/16''$  para las hileras inferiores y en la parte superior una cuerda de diámetro  $1/4''$ , haciendo una alineación como se muestra en la Figura 14.

Fuente: elaboración propia

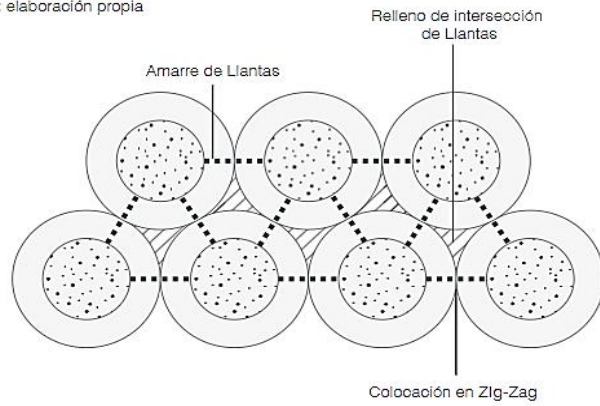


Figura 14: Esquema de colocación de llantas

Fuente: Manual de construcción y mantenimiento de muro de llantas (2019)

#### – Drenaje

Rodríguez (2016) expone que se debe de utilizar drenes horizontales, este debe de tener 2” de diámetro y dejando una zanja sin perforar, para ayudar a eliminar la presión hidrostática y así prolongar la vida útil. Ver Figura 15. Para muros mayores de 2.5 m Antúnez (2019) recomienda introducir tuberías de 4” de PVC perforadas en una de sus caras, además de envolver con una manta geotextil.



Figura 15: Sistema de drenaje para muros de llantas

Fuente: Rodríguez (2016)

#### 2.3.4 Proceso constructivo de muro de contención de pircas

Las pircas son muros de gravedad de mampostería que se utilizan como muros de contención en especial en zonas rurales (ver Figura 16). Según Alcántara (2020) se debe de tener en cuenta cuatro aspectos. Primero en conocer las propiedades mecánicas del suelo, luego estimar el peso del muro a construir, a

continuación, se estima su altura, longitud y espesor, finalmente identificar las cargas aplicadas al muro.



Figura 16: Muro de pircas

Fuente: Alcántara (2020)

El material que se emplea para este tipo de construcciones se recomienda que provengan del mismo lugar, Alcántara (2020) explica que la manera de extraer el material es utilizando puntales de maderas, pircos o barretas y en el caso de encontrar piedras de gran volumen se deberán de quemar y partirlas con combas hasta conseguir las dimensiones deseables en caso de que la zona a construir no tenga un suelo apropiado (suelo arenoso) se de traer el material de otra zona.

Primero se traza el perímetro con cal y cordel guía, luego de la extracción de las rocas deben de ser limpiadas para eliminar las partículas de la superficie y de igual forma habilitar el terreno a construir.

Segundo se excava una zanja hasta encontrar un suelo rígido para la cimentación, en caso contrario se debe compactar el suelo blando ya sea con apisonador o piedras de gran tamaño.

Según Alcántara el cuerpo de la pircas está compuesto por dos capas: la cara que da al exterior que se encuentran las piedras más grandes y con cara plana y la segunda capa es la cara que da al terreno colocando las demás piedras.

En cada hilera se aconseja colocar cada roca en la junta de la hilera inferior en el cual el tamaño de la roca va disminuyendo mientras se va llegando a la

corona. Para un mayor soporte Alcántara (2020) propone una pendiente de 0.15:1(H: V).

### 2.3.5 Proceso constructivo de muro de contención de concreto

El primer paso a realizar es el trazado de la cimentación del muro en el terreno, para luego hacer la excavación teniendo en cuenta que el suelo debe estar parejo y limpio (ver Figura 17)

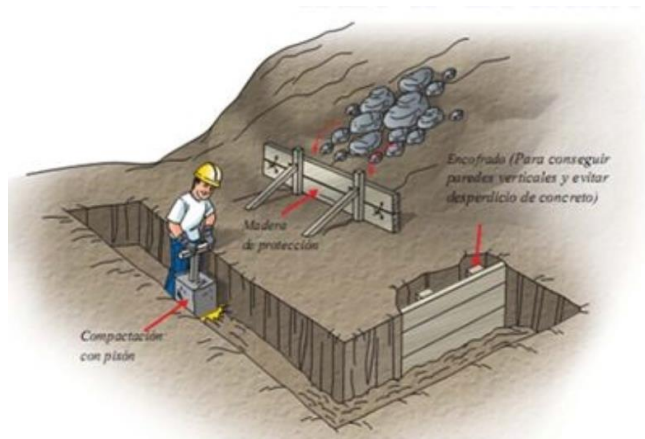


Figura 17: Excavación de la cimentación

Fuente: Meruvia (2016)

Vaciar una pequeña capa de concreto o mezcla de cemento y arena, este procedimiento se le denomina solado, para generar una superficie plana, donde se trazará la ubicación del acero. Ver Figura 18.



Figura 18: Aplicación del solado

Fuente: Meruvia (2016)

Luego se procede a colocar el acero de la cimentación y a la vez el acero del propio muro verificando que el acero de la parrilla de la cimentación quede aislado o separado del suelo colocando dados de concreto pobre. Ver Figura 19.

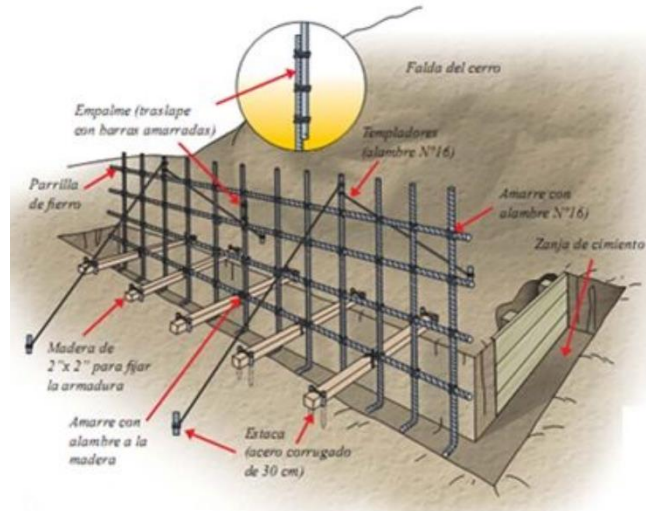


Figura 19: Colocación del acero  
Fuente: Meruvia (2016)

A continuación, se empieza con el vaciado del concreto cuidando que el acero no se incline, para luego colocar los tubos de drenaje, para comenzar con el encofrado del muro. Ver Figura 20.

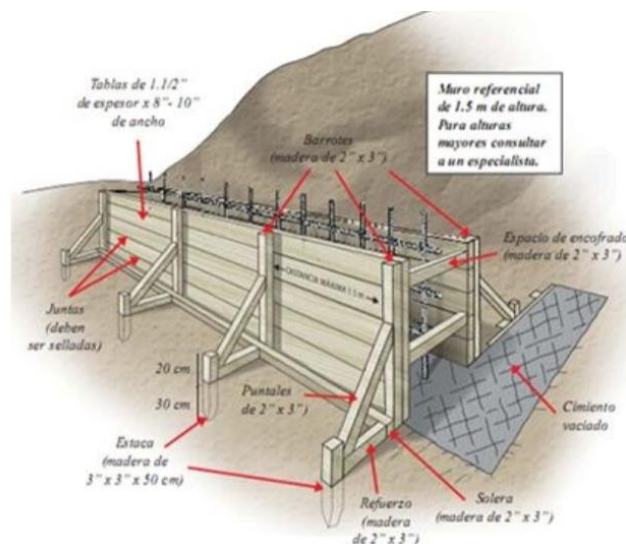


Figura 20: Encofrado del muro  
Fuente: Meruvia (2016)



Vaciado del concreto con ayuda de un vibrador o varillas de fierro motorizadas para que se distribuya uniformemente, también se puede utilizar manualmente varillas gruesas, a esto se le denomina coloquialmente “chucear”. Por último, desencofrar o retirar el molde de madera del muro de contención al día siguiente del vaciado. Ver figura 21. Maestro Perú SAC (2021)



Figura 21:Desencofrado, relleno y plataformado del muro de contención

Fuente: Meruvi (2016)

### 2.3.6 Ensayos de laboratorio

#### – Granulometría

La toma de muestras para los ensayos de laboratorio es de suma importancia para el estudio. Por eso la persona a cargo deberá tomar todas las precauciones para obtener muestras representativas de los diferentes tipos de suelo que se encuentran en el sitio.

Para esta tesis se realizaron calicatas a 3 (tres) metros de profundidad. Cada muestra fue introducida a bolsas especiales y adecuadas con identificación.

Toma de Muestra: Se debe tomar en cuenta los siguientes puntos.

- El tamaño y tipo de la muestra requerida depende de los ensayos que se van a realizar y de los porcentajes de partículas gruesas en la muestra.
- Identificar la profundidad de la cual fue tomada.
- Identificación en la bolsa o recipiente. La cual debe estar cerrada.
- Manipular la muestra con cuidado.
- No debe ser menos a 2.3 Kg.

Tabla 3  
Cantidad mínima de muestra para granulometría según tamaño absoluto del suelo.

Tamaño máximo absoluto (mm)	Cantidad mínima de muestra a extraer en terreno (kg)	Cantidad mínima de muestra para el ensayo (kg)
5	2	0.5
10	8	2
20	20	5
25	40	10
50	60	15
80	80	20
100	120	30
150	160	40

Fuente: Guía de Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos (Huanca, 2018)

#### Muestra representativa por cuarteo manual

Colocar la muestra a menos de 10 kg sobre una superficie limpia, que no absorba y esté nivelada. Se mezcla totalmente y se coloca en forma cónica ayudándonos con una pala.

Se aplana el cono apretándolo con la pala, teniendo un espesor uniforme, figura regular. Se cuarteo en porciones homogéneas, descartando dos diagonales opuestas. Se repite el proceso hasta obtener la muestra de tamaño deseado.

#### Consideraciones:

Las muestras obtenidas del terreno deben ser secadas completamente por 24 horas o en un horno a una temperatura no mayor a 38°C y enfriadas para ser ensayadas.

#### – Límite líquido

Según Huanca (2018) el límite líquido es el porcentaje de humedad del suelo ensayado, por debajo del cual se presenta un comportamiento

plástico. Cuando los suelos alcanzan porcentajes de humedad mayores al límite líquido, su comportamiento será el de un fluido viscoso.

El límite es un parámetro importante para la clasificación del suelo, ya que nos ayudará a conocer si hay problemas de potencial de volumen, estimación de asentamientos en consolidación y junto con el límite plástico, predecir la máxima densidad en estudio de compactación.

En la determinación de correlaciones de los suelos como la compresibilidad, permeabilidad y compactibilidad, es usado el límite líquido en conjunto con el límite plástico y el índice de plasticidad.

#### Objetivo

Este método de ensayo tiene como propósito obtener datos por medio de los cuales se puedan determinar las siguientes constantes de los suelos:

- Límite líquido
- Índice de flujo
- Primer parámetro para determinar el índice de plasticidad

#### Equipo:

Aparato de casagrande: Es el instrumento usado en ingeniería civil y geotecnia, para determinar el límite líquido de los suelos. Compuesto por una cazuela normalmente de bronce, la cual está fija a un dispositivo de rotación por manivela, que permite la elevación y la caída (10mm) de la cazuela produciendo un golpe de rebote contra la base del aparato.

Ranurador: Es un elemento clave en la realización del ensayo, normalmente hecho de acero inoxidable y de forma plana o curva, con el cual se realiza la ranura en el material de ensayo. Puede hacer parte de este un bloque de acero de dimensiones exactas y con el cual se realiza la verificación de la altura de caída de la cazuela.

Balanza: debe trabajar con aproximación de 0,1 g o 0,1 % del peso de la muestra.

Horno: debe trabajar y mantener una temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Tamiz N° 40 (425  $\mu\text{m}$ ).

Recipientes: todos los necesarios para determinar el contenido de humedad.

Espátula: Debe ser de hoja flexible con una longitud que oscile entre 75-100 mm y un ancho de 20 mm.

Placa de vidrio esmerilado: Debe ser lo suficientemente grande para trabajar con comodidad el material y maniobrar sin problema la espátula.

Muestra:

Las muestras de donde se tome el material de ensayo, deben ser muestras representativas y su humedad natural se debe mantener hasta el momento inmediatamente anterior al ensayo. Se requiere material que pase el tamiz N°40 (425  $\mu$ m) en una cantidad de por lo menos 150 g.

Ajuste del aparato de ensayo: Periódicamente es necesario realizar una inspección de las condiciones del aparato de ensayo, para garantizar que los datos obtenidos a través de su operación sean confiables. Se debe tener en cuenta:

- Que las partes de conexión del aparato no presenten corrosión u oxidación.
- Que la cazuela y la base no presenten deformaciones ni desgaste excesivo.
- Que la altura de caída libre de la cazuela esté dentro del rango de  $10 \pm 2$  mm.
- Inspeccionar que el ranurador no tenga deformaciones y así garantizar un corte preciso.

Preparación de Muestra:

El ensayo se realizará por el método de preparación de vía húmeda, siguiendo los siguientes pasos:

Por medio de métodos visuales y manuales se debe garantizar que el material no contenga granos que sean retenidos por el tamiz N°40 (425  $\mu$ m). Una vez se esté seguro de la situación anterior, con ayuda de agua destilada y una espátula se prepara el material variando su humedad de manera que se requieran golpes en el rango de 15-35 para cerrar su ranura. En caso que el material contenga un porcentaje importante de partículas mayores a 425  $\mu$ m se debe secar el material al aire y realizar el tamizado correspondiente.

Una vez realizada la mezcla del material, verificar de nuevo la no existencia de material con diámetro mayor a 425  $\mu\text{m}$ . De encontrar la existencia de este, remover las partículas manualmente cuando esto sea posible. De no ser posible realizar este procedimiento manualmente, se procede de la siguiente manera:

- Se cubre el material con agua dentro de un recipiente con el fin de eliminar terrones y evitar que partículas finas se adhieran a partículas gruesas.
- Verter el material sobre un tamiz N°40 que descansa sobre un recipiente limpio, y con suficiente agua y creando remolinos manualmente, se deben lavar las partículas de grava y arena retenidas en el tamiz N° 40 para luego retirarlas.
- El material que pasa por el tamiz N° 40 debe llevarse a un proceso de reducción de humedad, hasta llegar al valor necesario para obtener el cerramiento de la abertura en un intervalo de 15-35 golpes.

Procedimiento:

Una vez se haya preparado el material, se coloca una parte de este en la cazuela y se comprime y extiende sobre la misma, procurando no dejar burbujas de aire y que su máximo valor de profundidad sea aprox. 10 mm. Haciendo una pasada de arriba hacia abajo y manteniendo el ranurador normal a la superficie de la cazuela, se realiza la ranura de la forma más uniforme posible.

Cuando se cuente con suelos que presentan agrietamiento y desquebrajamiento en el momento de pasar el ranurador, se debe hacer la ranura en etapas y con menor fuerza.

Se acciona la cazuela a una razón de aproximadamente 2 golpes por segundo, contando el número de golpes necesario hasta que el talud de la ranura se cierre a lo largo de 13 mm. La ranura debe cerrarse por flujo del suelo, mas no por el desplazamiento del suelo sobre la cazuela. Se extrae una parte del suelo presente en la cazuela y se coloca en un recipiente de masa conocida y se tapa. El suelo sobrante se pasa a la zona de mezclado y con ayuda de agua destilada se varía la humedad de este según se necesite

aumentar o disminuir el número de golpes. Se lava y se limpia tanto el ranurador como la cazuela y se realizan dos tanteos más. Es necesario que los datos de golpes estén comprendidos en los siguientes intervalos. 25-35, 20-30, 15-25. Se registra el valor del peso de recipiente más la porción de suelo. Se somete a secado en el horno a una temperatura de  $\pm 110\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una vez se obtengan valores de masa constante se registra el peso de suelo seco más recipiente.

Cálculos:

Contenido de humedad de cada una de las muestras tomadas

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (3)$$

Donde:

w: Contenido de humedad

Ww: Peso de agua presente en la masa de suelo

Ws: Peso seco de los sólidos

Curva de fluidez. Contenido de humedad vs número de golpes

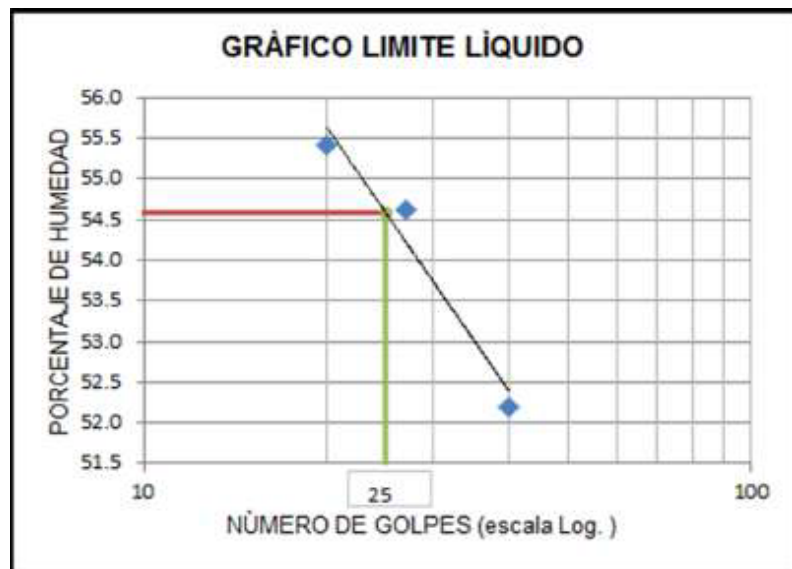


Figura 22: Gráfico para determinar el límite líquido

Fuente: Huanca (2018)

Límite líquido: Se determina el límite líquido como el contenido de humedad en porcentaje correspondiente al corte de la línea de tendencia en los 25 golpes.

– Límite plástico

Según Huanca (2018) el límite plástico fue definido por Atterberg como la frontera que existe entre los estados plástico y semisólido del suelo. En términos de laboratorio este límite es definido como el momento en términos de contenido de humedad, en qué rollitos de aproximadamente 3 mm de diámetro empiezan a presentar desmoronamiento y agrietamiento. Es importante resaltar que el diámetro de los rollitos fue propuesto por Terzaghi, dado que Atterberg nunca especificó este parámetro.

El índice de plasticidad es la diferencia entre los valores de límite líquido y límite plástico. Un índice de plasticidad bajo, significa que un pequeño incremento en el contenido de humedad del suelo, lo transforma de semisólido a la condición de líquido, es decir resulta muy sensible a los cambios de humedad. Por el contrario, un índice de plasticidad alto, indica que para que un suelo pase del estado semi-sólido al líquido, se le debe agregar gran cantidad de agua.

Objetivo:

Este método de ensayo tiene como propósito obtener datos por medio de los cuales se puedan determinar las siguientes constantes de los suelos:

- Límite plástico.
- Índice de plasticidad.

Equipo:

- Placa de vidrio esmerilado: debe ser lo suficientemente grande para realizar sin problema los rollos de suelo.
- Espátula: debe ser de hoja flexible con una longitud que oscile entre 75-100 mm y un ancho de 20 mm.
- Cápsula para Evaporación: preferiblemente de porcelana.
- Cápsulas para determinar el contenido de humedad
- Balanza: debe trabajar con aproximación de 0,01 g

- Horno: debe trabajar y mantener una temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Calibrador: debe trabajar con aproximación de 0,1 cm

Muestra:

Las muestras de donde se tome el material de ensayo, deben ser muestras representativas y su humedad natural se debe mantener hasta el momento inmediatamente anterior al ensayo.

Se requiere material que pase el tamiz N°40 (425  $\mu\text{m}$ ) en una cantidad de por lo menos 15 g.

Preparación de la muestra:

Del suelo preparado para la realización del ensayo del límite líquido se toma una porción de mínimo 15 g. A continuación, se lleva su estado de humedad hasta que el material permita formar rollos y el mismo no se pegue al ser manipulado con las manos. La reducción de humedad, se puede realizar por moldeo con espátula o exponiendo la muestra a corrientes de aire.

Procedimiento:

- Se selecciona una porción de aproximadamente 1,5 – 2,0 g, de la muestra previamente preparada.
- Se hace rodar la porción de muestra entre la palma de la mano o los dedos y la placa de vidrio esmerilado, aplicando una presión constante y no superior a la necesaria para formar rollos.
- Se debe formar un rollo de diámetro uniforme en la totalidad de la longitud, hasta que este alcance un diámetro de aproximadamente 3,2 mm.

La velocidad de la operación debe oscilar entre 60 y 90 ciclos por minuto. Un ciclo se refiere al recorrido de la mano hacia adelante y hacia atrás. Esta operación se debe realizar en un tiempo no mayor a dos minutos.

Si al alcanzar este diámetro el rollo no presenta agrietamiento y desmoronamiento, se tiene un material con humedad superior a su límite plástico. En tal caso se juntan de nuevo todo el material formando una esfera, manipulándola con las manos, produciendo así su pérdida de humedad.



- Se repiten los pasos anteriores hasta lograr que una vez el material alcance el diámetro de 3,2 mm, se produzca un agrietamiento y desmoronamiento del mismo.
- Se colocan en un recipiente de masa conocida y se registra el peso de muestra más recipiente.
- Se deben poner dentro del recipiente por lo menos 6 g de muestra.

Cálculos:

Contenido de humedad de cada una de las muestras tomadas.

$$w(\%) = \frac{w_w \times 100}{w_s} \quad (4)$$

Donde:

W= Contenido de humedad

Ww: Peso de agua presente en la masa de suelo

Ws: Peso seco de los sólidos

Límite plástico

$$LP = \frac{W1 + W2 + \dots \dots \dots Wn}{n} \quad (5)$$

Donde:

LP = Límite plástico

W: Humedad natural

n: Número de puntos de humedad tomados

Índice de plasticidad

$$IP = LL - LP \quad (6)$$

Donde:

IP= Índice de plasticidad

LL= Límite líquido

LP= Límite plástico

- Corte directo (consolidado drenado)

Referencias:

Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) E 123, ASTM D 3080:

### Objetivo:

Tiene por objeto establecer el procedimiento de ensayo para determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada, por el método del corte directo.

### Finalidad y alcance:

Este modo operativo es adecuado para la determinación rápida de las propiedades de resistencia de materiales drenados y consolidados. Debido a que las trayectorias de drenaje a través de la muestra son cortas, se permite que el exceso de presión en los poros sea disipado más rápidamente que con otros ensayos drenados. El ensayo puede ser hecho en todo tipo de suelos inalterados, remoldeados o compactados. Hay sin embargo una limitación en el tamaño máximo de las partículas presentes en las muestras. Los resultados del ensayo son aplicables para estimar la resistencia al corte en una situación de campo donde ha tenido lugar una completa consolidación bajo los esfuerzos normales actuales. La ruptura ocurre lentamente bajo condiciones drenadas, de tal manera que los excesos de presión en los poros quedan disipados. Los resultados de varios ensayos pueden ser utilizados para expresar la relación entre los esfuerzos de consolidación y la resistencia al corte en condiciones drenadas.

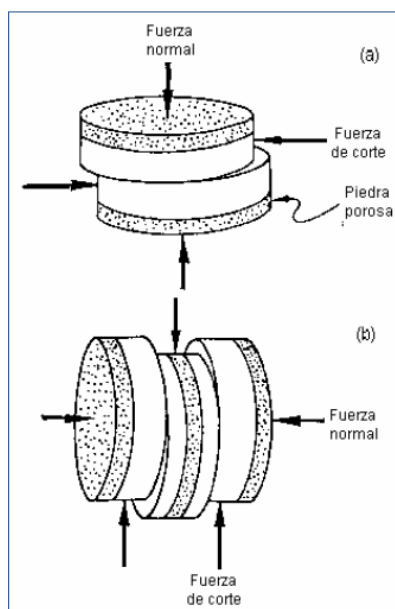


Figura 23: Esquema del ensayo del corte sencillo y del corte doble.

Fuente: Manual de ensayo de materiales (2016)

Consistencia del ensayo:

- Se coloca la muestra en los dispositivos de corte.
- Se aplica una carga normal.
- Disposición de los medios de drenaje y humedecimiento de la muestra.
- Consolidación de la muestra trabajada.
- Liberación de los marcos que sostienen la muestra.
- Aplicar la fuerza de corte para hacer fallar la muestra.

Equipos:

Dispositivo de carga.

El dispositivo de carga debe ceñirse a lo siguiente:

Sostener la probeta con seguridad entre dos piedras porosas colocadas una en cada cara, de tal manera que no se presenten movimientos de torsión sobre ella.

Estar provisto de los dispositivos necesarios para:

- Aplicar una fuerza normal en las caras de la muestra.
- Determinar los cambios en el espesor de la muestra.
- Drenar el agua a través de las piedras porosas.
- Sumergir la muestra en agua.
- Ser capaz de aplicar una fuerza de corte para hacer fallar la muestra a lo largo de un determinado plano (corte único) o de planos (corte doble) paralelos a las caras de la muestra.
- Los marcos que sostienen la probeta deben ser lo suficientemente rígidos para evitar su deformación durante el corte.
- Las diferentes partes del dispositivo deben ser de un material resistente a la corrosión por sustancias contenidas en el suelo o por la humedad del mismo.

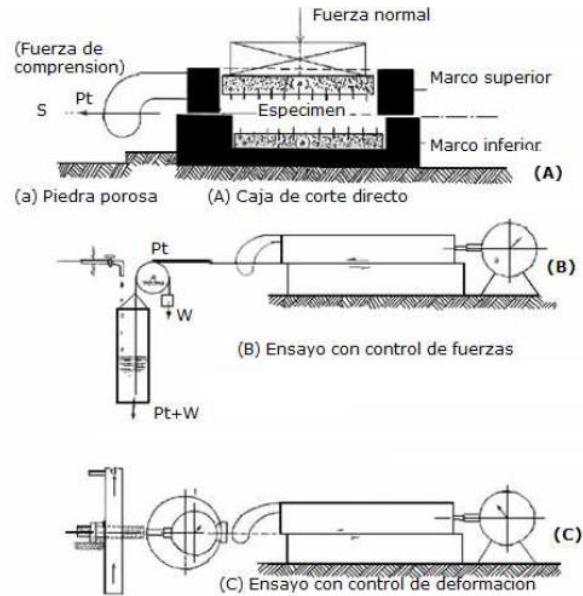


Figura 24: Dispositivo para el ensayo de corte directo.

Fuente: Manual de ensayos de materiales (2016)

#### Piedras porosas.

Las piedras porosas deben ceñirse a lo siguiente:

- Deben ser de carburo de silicio, óxido de aluminio o de un metal que no sea susceptible a la corrosión por sustancias contenidas en el suelo o la humedad del mismo.
- Dependiendo del tipo de suelo que se va a ensayar, las piedras porosas deben tener la calidad adecuada para desarrollar el contacto necesario con la muestra y, además, deben evitar la intrusión excesiva de partículas de suelo dentro de sus poros.
- El diámetro o ancho de la parte superior de la piedra porosa o placa, deberá tener 0,2 mm a 0,5 mm (0,01 pulgada a 0,02 pulgadas).
- Para ensayos con suelos normales, la calidad de las piedras debe permitir una permeabilidad de 0,5 mm/s a 1 mm/s.
- Dispositivo para la aplicación de la fuerza normal. Debe estar capacitado para aplicar rápidamente la fuerza especificada sin excederse y esta debe ser mantenida con una variación máxima de  $\pm 1$  % durante el proceso de ensayo.
- Dispositivo para la aplicación de la fuerza de corte.

Un anillo de carga o una celda de carga con una precisión de 2,5 N (0,5 lb) o de uno por ciento (1%) de la fuerza de corte en la falla, cualquiera que sea mayor. La capacidad depende más que todo del tipo de control: con control de deformaciones o con control de esfuerzos. Se prefiere generalmente el primero por la facilidad para determinar, tanto el esfuerzo último, como la carga máxima. El equipo con control de deformaciones debe tener la capacidad para cortar la muestra a una velocidad de desplazamiento uniforme, con una desviación de  $\pm 10\%$  y debe permitir el ajuste de la velocidad de desplazamiento dentro de un rango más o menos amplio. La velocidad de aplicación de la carga, depende de las características de consolidación del suelo. Se logra usualmente por medio de un motor con caja de transmisión y la fuerza de corte se determina por medio de un indicador de carga.

Si se usa el equipo con control de esfuerzos, debe ser capaz de aplicar la fuerza de corte sobre la muestra con incrementos de carga y grado de precisión.

Cuarto húmedo. La pérdida de humedad durante la preparación de la muestra no deberá exceder de 0,5%, tanto para su almacenamiento como para su preparación.

Equipo para el corte de la muestra. Debe ser adecuado para tallar la muestra de acuerdo con las dimensiones interiores de la caja de corte con un mínimo de alteración. Podría necesitar de un soporte exterior para mantener en alineamiento axial una serie de 2 o 3 anillos.

Base de la caja de corte. Una caja metálica en la cual se apoya la caja de corte y proporciona una reacción en contra en la cual la mitad de la caja de corte es restringida, o una base sólida con dispositivos para alinear la mitad de la caja de corte, la cual es libre de movimiento de forma coincidente con la fuerza tangencial aplicado en un plano horizontal

Balanza. Debe tener una sensibilidad de 0,1g o 0,1% del peso de la probeta.

Indicadores de deformación o diales. Deben ser adecuados para medir los cambios en el espesor de la muestra con una sensibilidad de 0,002mm (0,0001") y la deformación con sensibilidad de 0,02 mm (0,001").

Estufa u horno de secado. Capaz de mantenerse a  $110 \pm 5$  °C.

Recipientes para muestras de humedad.

Equipo para el remoldeo o compactación de probetas.

Misceláneos. Incluyen: cronómetro, sierra de alambre, espátula, cuchillos, enrasadores, agua destilada y demás elementos necesarios.

Muestra:

Preparación del espécimen.

Si se usa una muestra inalterada, debe ser suficientemente grande para proveer un mínimo de tres muestras idénticas.

Las muestras inalteradas deberán ser preservadas y transportadas como se detalla para las muestras de los grupos C o D según práctica MTC E 104.

La preparación de la muestra debe efectuarse de tal manera que la pérdida de humedad sea insignificante.

La muestra se talla sobre medida para las dimensiones del dispositivo de corte directo.

Para muestras inalteradas de suelos sensibles, debe tenerse extremo cuidado al labrar las muestras, para evitar la alteración de su estructura natural. Un cuarto de elevada humedad sería conveniente para este propósito.

Se determina el peso inicial de la muestra para el cálculo posterior del contenido inicial de humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.

Si se utilizan muestras de suelos compactados, la compactación debe hacerse con las condiciones de humedad y peso unitario deseados. Se puede efectuar directamente en el dispositivo de corte, en un molde de dimensiones iguales a las del dispositivo de corte o en un molde mayor para recortarlas. El pisón utilizado para compactar el material deberá tener un área de contacto con el suelo igual o menor a un medio del área del molde. El material requerido para el espécimen será mezclado con suficiente agua para producir el contenido de humedad deseado. Se debe permitir al

espécimen permanecer listo antes de la compactación, de acuerdo a la guía siguiente:

Tabla 4  
Tiempo mínimo de reposo según clasificación.

Clasificación D2487	Tiempo mínimo de reposo (h)
SW, SP	No requiere
SM	3
SC, ML, CL	18
MH, CH	36

Fuente: Guía de ensayos de laboratorios de mecánica de suelos – UMSA. (2018).

El diámetro mínimo de las muestras circulares o el ancho mínimo para muestras rectangulares debe ser alrededor de 50 mm (2"). Para minimizar las alteraciones causadas por el muestreo, el diámetro de las muestras obtenidas de tubos saca muestras debe ser, por lo menos, 5 mm (1/5") menor que el diámetro del tubo. El espesor mínimo de la muestra de ensayo, debe ser alrededor de 12 mm (1/2"), pero no menor de un sexto el tamaño máximo de las partículas del suelo. La relación mínima diámetro/espesor o ancho/espesor, según la muestra, debe ser 2:1.

Calibración:

Se ensambla el dispositivo de corte directo (sencillo) con un disco metálico de calibración, de espesor igual al de la muestra de ensayo deseada y alrededor de 5mm (1/5 ") menor en diámetro. El dispositivo de corte doble, requiere dos discos de calibración. Se aplica la fuerza normal igual a la fuerza que se va a utilizar en el ensayo y se coloca el indicador de desplazamiento normal. Se ajusta este indicador de tal manera que pueda usarse para medir tanto lecturas de consolidación como de expansión. Se registra la lectura del indicador de deformación normal, como una futura referencia para determinar, tanto el espesor de la muestra de ensayo, como la deformación desarrollada por el conjunto. Luego, se retira el disco de calibración. Se puede aceptar cualquier otro método que permita la calibración exacta del aparato.

### 2.3.7 Fotogrametría

Es un servicio donde se requiere de drones profesionales. Se utiliza para la reconstrucción de mapas y objetos 3D de grandes extensiones de terreno por medio de la fotografía aérea. Da, mayor accesibilidad frente a la topografía tradicional, aumento del levantamiento topográfico por jornada, reducción de plazos de entrega, ahorro del costo ha/S/. respecto a la topografía tradicional y entregables de valor diferencial.

- Modelo digital de elevaciones (MDE) y modelo digital del terreno (MDT)  
Uno de los elementos básicos de cualquier representación digital de la superficie terrestre son los Modelos Digitales de Terreno (MDT). Se denomina MDT al conjunto de capas (generalmente raster) que representan distintas características de la superficie terrestre derivadas de una capa de elevaciones a la que se denomina Modelo Digital de Elevaciones (MDE). Ver Figura 25.

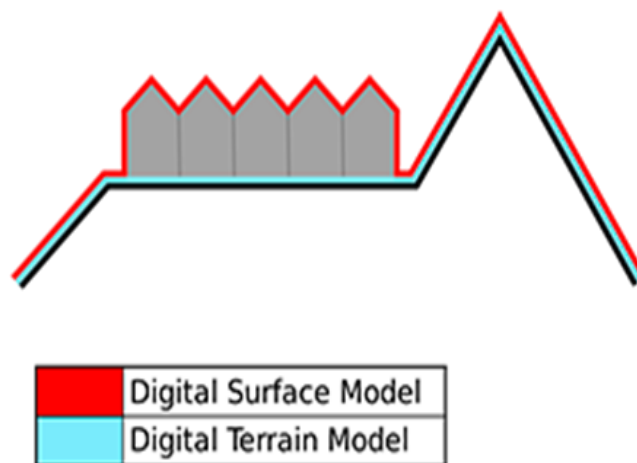


Figura 25: Modelo digital de elevaciones y modelo digital del terreno.

Fuente Universidad de Almería (2021)

- Curvas de nivel  
Una curva de nivel es aquella línea que en un mapa une todos los puntos que tienen igualdad de condiciones y de altura. Ver Figura 26.





– Figura 26: Curvas de nivel.

Fuente: Universidad de Almería 2021

– Ortofotografías

Es un producto cartográfico georreferenciado y corregido de deformaciones, generado a partir de fotografía aérea. Mantiene toda la información de la fotografía y permite además la medición a escala tanto de distancias como de superficies, lo que garantiza el ajuste con los mapas existentes sobre la zona de referencia.

La generación de Ortofotografías Aéreas a partir de las fotografías obtenidas desde plataformas aéreas se realiza mediante un riguroso proceso que comprende diferentes fases: orientación de las fotografías aéreas, obtención de un Modelo Digital de Elevaciones (del Terreno), ortorectificación de cada fotografía, ajustes colorimétricos y mosaicado.



Figura 27: Ortofotografías.

Fuente: Universidad de Almería 2021

## 2.4 Definición de términos básicos

- Densidad. - Esta propiedad se basa prácticamente en las partículas que componen el suelo, como también el peso específico relativo de las partículas o el peso específico real de las partículas, o bien mediante parámetros que se refieren al agregado en general en pocas palabras al suelo, como puede ser la densidad aparente del suelo o densidad total o global del mismo en la condición de humedad en que se encuentre, la densidad saturada y la densidad seca del suelo.
- Densidad Efectiva o Sumergida. - Es el peso del agregado de partículas sumergido por unidad de volumen. La porosidad del suelo ( $n$ ) se mide por la relación entre el volumen de vacíos o poros y el volumen total de la muestra. El índice de poros o relación de vacíos ( $e$ ) expresa la relación entre el volumen de vacíos o poros y el volumen de los sólidos o partículas del suelo.
- Densidad relativa del suelo. - Es un índice que cuantifica el grado de empaquetamiento del agregado de partículas del suelo in situ expresado por su índice de poros respecto a los valores máximo (suelto) y mínimo (denso) medidos en ensayos. Fue definido por Terzaghi (1925) como  $D_r = (e_{max} - e) / (e_{max} - e_{min})$ . Los valores se sitúan por debajo de 1/3 en suelos sueltos, entre 1/3 y 2/3 en suelos medios y entre 2/3 y 1 para suelos densos.
- Densidades Saturada ( $d_{sat}$ ) y Seca ( $d_s$ ). - Se definen, como en el caso anterior, pero en las condiciones de humedad extremas correspondientes.
- Grado de Saturación. - El grado de saturación o  $S$  o  $S_r$  en un suelo es la proporción que se obtiene entre el volumen de los poros o vacíos del suelo y el volumen del agua.
- Granulometría. - La granulometría por tamizado es uno de los métodos más usados para establecer las diferentes clases de partículas que contiene un suelo. Es realizado mediante el tamizado, con varios tamices donde cada uno cuenta con aberturas diferentes (mallas) y agitado suavemente por un equipo mecánico.
- Humedad. - Es hallada en el laboratorio de suelos al comparar el peso de una muestra antes y después de ser secada en un horno a 102° C y durante 24 horas, en el caso de que no sea arcillosa y 48 si lo fuese. Esta propiedad es definida como la relación que tiene con el agua (pérdida de peso por secado) y el peso de la muestra seca, y se expresa en valor unitario o en porcentaje. Se trata de un valor

medido en el laboratorio generalmente sobre muestras alteradas, es decir, modificadas respecto a las condiciones que presentaba en su punto de extracción en el terreno (“in situ”), que indica la retención de humedad en equilibrio higroscópico relacionada con las características del suelo en cuanto a presencia de partículas de limo y arcilla como principales contribuyentes a la humedad del agregado.

- Peso específico real de las partículas. - Es la relación de una muestra de suelo entre el peso total de las partículas y su volumen medido en picnómetro por el volumen de agua que desplazan sumergidas en su interior y sus dimensiones son de gr/cc. Donde su valor depende de la naturaleza de las partículas del suelo y es un valor promedio según las proporciones de granos de cuarzo, calcita, dolomita, silicatos diversos, óxidos e hidróxidos, fragmentos de roca de variada composición, fragmentos y caparazones de fósiles, o materia orgánica.
- Peso específico relativo de las partículas. - Es la relación entre la densidad de las mismas y la densidad del agua 4° C (Lambe y Whitmann, 1972). Siendo este un valor adimensional como se verá para analizar las relaciones entre las propiedades volumétricas del suelo.

## **CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS**

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis principal

El muro de pirca es la mejor alternativa de contención a comparación del muro de llantas ya que presenta mejores resultados en los aspectos técnicos y económicos para la estabilización de taludes en Los Laureles de Villa el Salvador.

#### 3.1.2 Hipótesis secundarias

- a) El muro de pircas presenta mejores resultados con respecto al factor de seguridad en relación al muro de llantas para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa el Salvador.
- b) El muro de llantas es la mejor opción bajo el método de Bishop para la estabilidad de taludes en Los Laureles de Villa El Salvador usando el programa Slide.
- c) El muro de llantas es la mejor alternativa económica para la estabilización de taludes en los Laureles de Villa el Salvador.

### 3.2 Variables

#### 3.2.1 Definición conceptual de las variables

- Variables independientes
  - Suelo arenoso
- Variables dependientes
  - Estabilidad de Taludes
  - Comportamiento Geotécnico
  - Alternativas de contención

#### 3.2.2 Operacionalización de las variables

- Variable independiente:

Suelo Arenoso. - Son los tipos de suelo o tierra que están formados por partículas muy pequeñas de rocas desgastadas, minerales no metálicos y textura granular. Posee poca estructura, tiene un tamaño entre 0.063 y 2

mm. Formado por arena mineral no metálica, generalmente son ácidos y cálidos, pobre en nutrientes, propenso a la erosión y fácil capacidad de drenaje. (Pineda, 2021)

– Variables dependientes

Estabilidad de Taludes. - Según Valiente, Sobrecases y Díaz (2016) El estudio de la estabilidad de los taludes aborda fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo. Los agentes externos responsables de la inestabilidad son una fuerza de masa, el peso y eventualmente, los efectos de filtración a los cuales se le añade también las sobrecargas (estáticas/dinámicas).

Comportamiento Geotécnico. - Es la información cuantificada de las características del terreno en relación a la edificación proyectada y en donde se ubica, que se necesita para analizar y dimensionar las cimentaciones y estructuras. Siendo el proceso de estudio y la justificación técnica del comportamiento del terreno.

Alternativas de contención. - Actualmente es posible encontrar diversas medidas correctivas o tipos de estabilización de suelos detalla Ugalde (2015), que cada una de ellas requiere un análisis y diseño teniendo en cuenta la topografía, propiedades de los suelos y rocas, patrón de drenaje natural, modo de falla y un respectivo análisis de estabilidad además de la hidrología, vegetación, clima, etc.

- Modificación de geometría: Eliminación de terreno, Descabezamiento, Bermas.
- Corrección Superficial: Mallas, siembras.
- Corrección por drenajes: Drenajes superficiales, drenajes profundos.
- Elementos resistentes: Muros, anclajes, pantallas de pilotes o continuas.

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 4.1 Tipo y nivel

Según su propósito esta es una investigación básica, por lo que no se realiza una aplicación real. Borja (2012) resalta que la investigación básica recoge información de la realidad para obtener un conocimiento científico y sea aplicada a través del tiempo, con un enfoque cualitativo.

El estudio de la investigación es comparativo, porque al detallar la zona de Los Laureles en el distrito de Villa el Salvador, mostrando características y propiedades de dicho suelo se verá la opción más adecuada para la estabilidad de taludes en un suelo arenoso.

Por su nivel de profundidad puede ser exploratoria, ya que se apoya en la recolección de datos permitiendo detectar patrones para explicar fenómenos.

Por los medios para ser obtenidos los datos, puede ser de campo – de laboratorio. Puesto que en campo se realizará el levantamiento topográfico con dron (fotogrametría) y en el laboratorio se hicieron los ensayos de suelo requeridos.

Por la mayor o menor manipulación de variables, puede ser no experimental transversal ya que no presenta un estímulo o tratamiento donde haya sido intervenido. Solo es observado.

Según el tipo de inferencia, puede ser método hipotético – deductivo puesto que se plantean hipótesis iniciales según el marco teórico y estas son comprobadas de forma empírica obteniendo las conclusiones.

Según el período temporal en el que se realiza se clasifica en transversal por que se observa una sola vez. En este caso se procede a realizar los ensayos por única vez y a analizar los resultados.

De acuerdo al tiempo en que se efectúan, puede ser una investigación sincrónica porque se estudió el fenómeno que se da en un corto período.

El estudio de la investigación es comparativo, porque al detallar la zona de Los Laureles en el distrito de Villa el Salvador, mostrando características y propiedades de dicho suelo se escogió la opción más adecuada para la estabilidad de taludes en un suelo arenoso.

#### 4.2 Diseño de investigación

Esta investigación es no experimental de acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014) la investigación es realizada sin la necesidad de manipular las variables a trabajar, en este tipo de investigaciones lo que se hace es observar los fenómenos de forma natural para después ser analizados. Sin generar ninguna situación, ya que se busca observar las ya existentes, no provocadas adrede en la investigación. Puesto que ya sucedieron y no se tiene control directo de ellas. (p.152). De esta manera, siendo el objetivo de estudio comparar los resultados a nivel técnico y económico de las alternativas de contención de un suelo arenoso, se utilizó un diseño no experimental, porque se recolectaron los datos y analizamos cómo es afectada la estructura.

#### 4.3 Población y muestra

Según Borja (2016) una población o universo es el elemento o sujeto en conjunto que será estudiado. En este caso nuestra población fue todos los taludes pertenecientes a un suelo arenoso en el distrito de Villa El Salvador, Lima – Perú.

En el caso de la muestra, Borja (2016) nos indica que primero hay que seleccionar una unidad del objeto de estudio, donde el investigador debe calcular el tamaño de muestra en primera instancia y después determinar los miembros que serán parte de la muestra a estudiar. Para este estudio se tomó como muestra el talud de suelo arenosos con su respectivo muro de contención en cada caso (Pircas y Llantas) en el AA.HH. Los Laureles del distrito de Villa El Salvador en la provincia de Lima, Perú.

#### 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de investigación que se utilizó en este estudio es la recolección de información de Los Laureles a nivel geotécnico mediante muestras in situ para realizar diferentes ensayos de laboratorios, donde se usó la información para estudiar y explicar el comportamiento y las características geotécnicas del lugar, además de recolección de bibliografía como son las tesis, artículos y libros como referencia.

#### 4.5 Tipos de técnicas e instrumentos

La presente investigación realizó la recolección de datos basados en la información geotécnica y el levantamiento topográfico con Drone (Fotogrametría) de los taludes en el AA.HH. Los Laureles en el distrito de Villa El Salvador. Los instrumentos utilizados son: Norma C020 de Estabilidad de Taludes, Norma E.050 Suelos y Cimentaciones, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos del MTC, Guía de estudio de suelos, hojas de cálculo MS Excel y software Slide.

- Exploración de calicatas

Vargas (2020) describe que las calicatas también llamadas zanjas, pozos, etc., son excavaciones realizadas de forma mecánica o manual, permitiendo la observación directa del terreno que se desea estudiar. En suelos la calicata es el único medio de exploración con mayor confiabilidad, siendo efectivo en la investigación y muestreo con un costo menor. Con una sección mínima recomendada es de 0.8 m por 1.00 m como mínimo y con una profundidad máxima de 3.00 m a 4.00 m para una inspección adecuada. Una vez obtenida la muestra y haber descrito el perfil estratigráfico de la calicata, se deberá rellenar. (Vargas, 2020).

- Ensayo de corte directo

De Jesús (2009) describe que “el ensayo de corte directo recibe este nombre debido a que se miden los esfuerzos normales y de corte en el plano de falla; se corta un prisma rectangular o cilíndrico de una muestra de suelo (o se remodela, según sea necesario) y se introduce con precisión en una caja metálica dividida en dos mitades horizontales. En el aparato de tipo estándar la caja es de 60 x 60 mm, puede ser tanto de forma cuadrada como circular y fue desarrollado por Casagrande, pero para los suelos de granos más gruesos y quizá arcillas agrietadas se usa una versión más grande.” (p.39). NTP 339.171:2002, ASTM D3080-90. Teniendo como objetivo, determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada por el método de corte directo. Se hace con muestra inalterada y remoldeada en todo tipo de suelo.



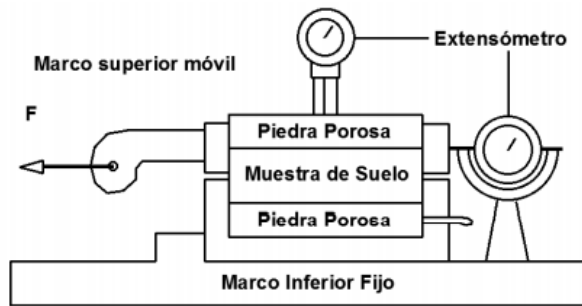


Figura 28: Esquema del equipo de resistencia al esfuerzo cortante.

Fuente: Córdova & Sánchez (2019)

Se tomaron en cuenta las siguientes guías:

- Normativa E.050 suelos y cimentaciones
- Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo N.T.P. 339.127.
- Método de ensayo para el análisis granulométrico N.T.P. 339.128.
- Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite Plástico e índice de plasticidad de suelos N.T.P. 339.129.
- Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS). N.T.P. 339.134.
- Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas N.T.P. 339.171.
- Normativa C020 estabilidad de taludes

#### 4.5.1 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Según Borja (2016). Los datos que se observan durante el proyecto de investigación en la rama de ingeniería serán plasmados en formatos adecuados. Esta investigación utilizó la recolección de datos mediante los ensayos de laboratorio de suelos y la fotogrametría de la zona. En los ensayos de suelos, se tuvo como referencia el manual del MTC, cumpliendo la normativa ASTM en cada procedimiento. Empleando fuentes verdaderas donde rigieron criterios de desarrollo basados en la ética, originalidad, autenticidad, etc.

Para la realización de los ensayos se contó con el servicio del Laboratorio GR & ASOCIADOS S.A. (laboratorio de ensayo de materiales) y la empresa THE

DRONE para la realización de la fotogrametría (los reportes de ambas empresas se encuentran en los Anexos).

#### 4.5.2 Procedimientos para la recolección de datos

En esta investigación nos basamos en el estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención de un suelo arenoso para la estabilidad de taludes en el AA.HH. Los Laureles en Villa El Salvador, Provincia de Lima – Lima. Recolectando de este lugar datos geotécnicos mediante calicatas, donde sacamos muestras respectivamente y llevadas al laboratorio de suelos. Respecto a la obtención de datos de la fotogrametría, se utilizó un Drone para el levantamiento topográfico de la zona.

#### 4.6 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

La tesis brinda información de los ensayos y estudios realizados en el área de suelos, muros de contención y estabilidad de taludes. Una vez obtenidos estos datos se ordenó la información principal y se investigó. Como paso inicial se realizaron las calicatas y la fotogrametría; teniendo los resultados del laboratorio (ensayo de corte directo, granulometría y límite líquido y plástico), fueron plasmados en una plantilla de MS Excel donde también se hizo el pre dimensionamiento de los muros de contención. En este caso con medidas adecuadas para un diseño ideal en el muro de pircas y llantas respectivamente. También se tuvo como opción ideal un muro de contención de concreto, junto al pre dimensionamiento de esta. Donde se busca que el factor de seguridad cumpla en los tres casos, ya sea por deslizamiento y por volteo. Una vez obtenido el pre dimensionamiento y haya cumplido con los factores de seguridad, se procedió a importar los cortes (curvas de nivel) al programa Autocad. Y estos fueron importados a su vez al programa Slide, de modo que con este software se pueda establecer el estrato y parámetros obtenidos en el estudio de suelos y en el pre dimensionamiento. Finalmente, se elaboraron los análisis de estabilidad por cada método establecido para cada caso según el tipo de muro de contención comparando así su resistencia a nivel técnico como solución propuesta frente a los tres casos mencionados.

## CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 Diagnóstico y situación actual

#### 5.1.1 Antecedentes

- Ubicación de la zona de estudio

La ubicación del proyecto se encuentra en el departamento de Lima, en la provincia de Lima, en el distrito de Villa El Salvador en el Asentamiento Humano “Los Laureles” (Ver figura 29). Está entre la Avenida María Reiche y la Avenida Tahuantinsuyo, a la altura del kilómetro 25 de la carretera Panamericana Sur, aproximadamente a 16 kilómetros del distrito de Surco. Se entra a través de un desvío de la antigua Panamericana Sur que lleva por la Avenida María Reiche.



Figura 29: Área geográfica del distrito de Villa El Salvador.

Fuente: Pobreza y su influencia en el riesgo y daño familiar en un distrito de Lima, Perú (2019)

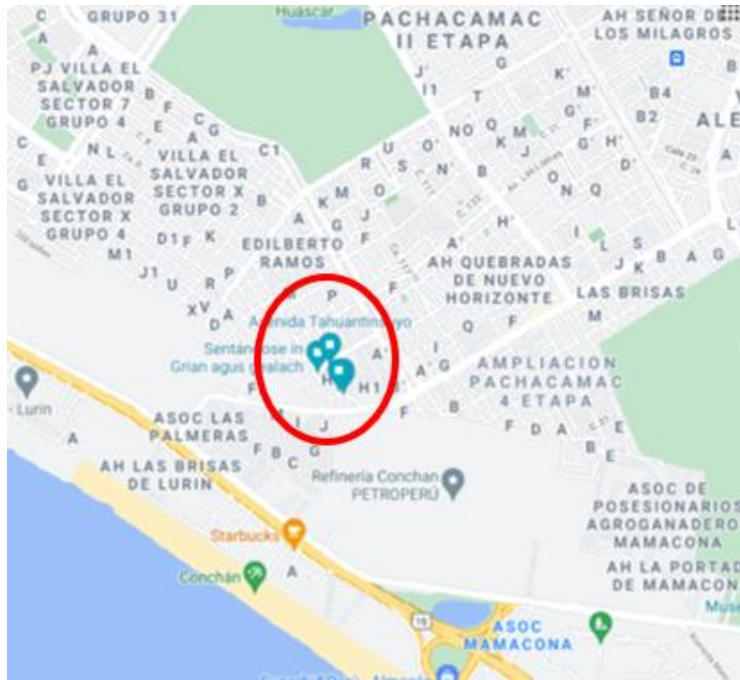


Figura 30: Ubicación AA.HH. Los Laureles, distrito de Villa El Salvador  
Fuente: Google Maps (2021)



Figura 31: Vista del AA.HH. Los Laureles, Villa EL Salvador en el programa Autodesk  
Recap 306°  
Fuente: Propia (2021)

– Ubicación geográfica

Latitud: 12°14'46.8"S

Longitud: 76°55'36.7"W

Tiene como límites:

Por el Norte: San Juan de Miraflores y Villa María del Triunfo.

Por el Sur: Lurín.

Por el Este: Villa María del Triunfo.

Por el Oeste: Chorrillos y el Océano Pacífico.

– Clima

El Clima en el distrito de Villa El Salvador se caracteriza por ser subtropical, árido, semi cálido y nuboso en diferentes épocas del año. Tiene como temperatura media anual entre 15 °C y 23 °C. Estos valores corresponden a los meses de julio y febrero, posee una nubosidad media de 8 octavos, un ambiente muy húmedo donde la humedad varía entre 80% y 100%. La precipitación media es de 25 mm anuales. Los vientos tienen una velocidad media de 2 a 4 m/s.

– Sismicidad

Según el informe de Microzonificación sísmica en el distrito de Villa El Salvador (2011) nos indica que la ciudad de Lima en general posee gran exposición a un alto nivel de peligro sísmico, como producto de la gran actividad sísmica que genera la subducción de la Placa de Nazca que se encuentra debajo de la Placa Sudamericana, cuyos bordes convergen cerca del litoral peruano – chileno.

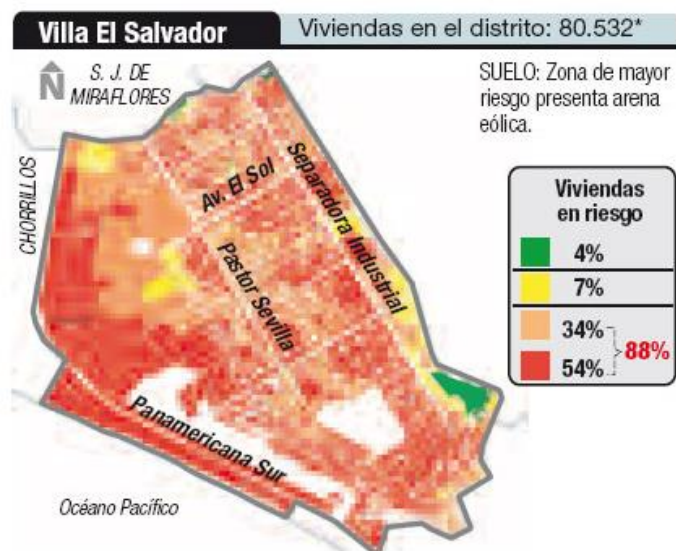


Figura 32: Viviendas en riesgo sísmico en el distrito de Villa El Salvador.

Fuente: El comercio (2011)

– Geología y geomorfología del área de investigación

A nivel geológico y geomorfológico, el informe de la Microzonificación sísmica en el distrito de Villa El Salvador (2011) detalla que la geología local es representada por afloramientos de secuencias litológicas sedimentarias, intrusivas y depósitos eólicos cuaternarios.

Los rasgos geomorfológicos son el resultado del proceso tectónico y plutónico ante los procesos de geodinámica que han hecho que el rasgo morfoestructural regional haya sido modelado. También, la erosión, la inclinación por el drenaje del Río Lurín y la acumulación de arena eólica sobre gran parte de la zona conforman la estructura actual. Como acumulaciones eólicas antiguas (Pleistoceno) que actualmente están estabilizados conformando cerros de arena que forman una lomada de unos 150 m de altura y 5 km de longitud, entre las cotas 15 msnm y 160 msnm, paralelo a la Panamericana Sur. Conformada por arenas eólicas de grano fino, sub-redondeadas a redondeadas con restos de salitre, presentando estratificación cruzada debido al viento y su irregularidad.

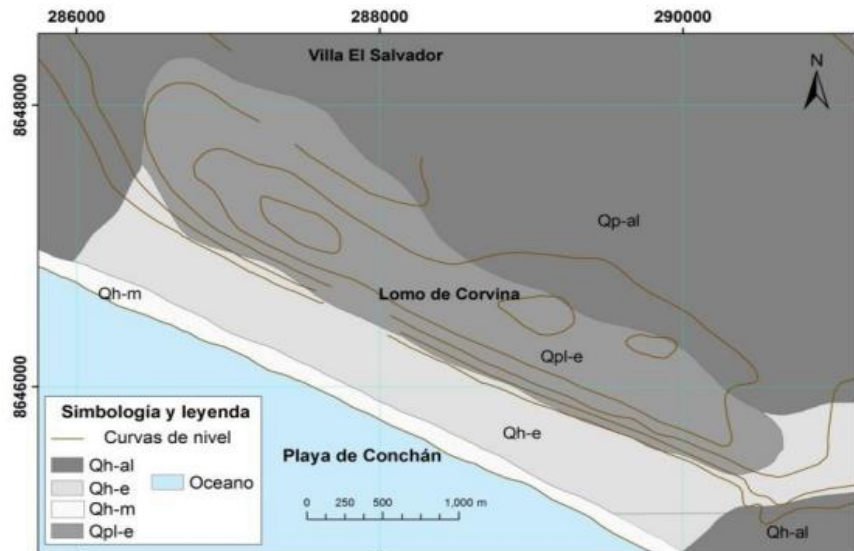


Figura 33: Geología del sector Lomo de Corvina y alrededores

Fuente: INGEMMET. Nuñez y Villacorta (2011).

### 5.1.2 Generalidades

Para esta investigación se realizaron cuatro visitas a la zona de estudio, que fue el AA.HH. Los Laureles en el distrito de Villa El Salvador. En la primera visita, se reconoció el terreno y la zona de investigación; en la segunda visita, se escogió los lugares en donde se harían las calicatas para sacar las muestras de nuestros ensayos de laboratorio y los se tomó medidas de los tipos de muro existentes en la zona (Muros de Llantas y muros de Pircas); en la tercera visita se realizaron las cuatro calicatas de 3m de profundidad cada una, de las cuales se hicieron dos en cada muro; y por último, la cuarta visita fue para hacer el levantamiento topográfico con Drone (fotogrametría) de la zona. (Ver Figura 34)



Figura 34: Ubicación de las calicatas – Programa Autodesk Recap 360°

Fuente: Propia (2021)

– Calicatas:

a) Zona 1

Se inició con este lugar, donde se estableció una calicata sobre el muro y otra debajo del muro de pircas.



Figura 35: Muro de Pirca en Los laureles de Villa de Salvador

Fuente: Propia (2021)

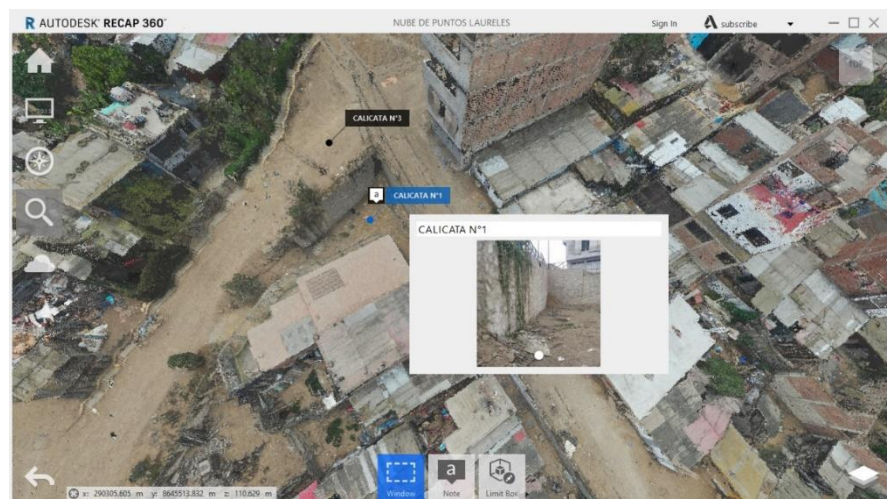


Figura 36: Ubicación de la Zona 1

Fuente: Propia (2021)



- Calicata 1



Figura 37: Calicata 1  
Fuente: Propia (2021)

- Calicata 3



Figura 38: Calicata 3  
Fuente: Propia (2021)

b) Zona 2



Figura 39: Muro de llantas en los Laureles de Villa de Salvador

Fuente: Propia (2021)

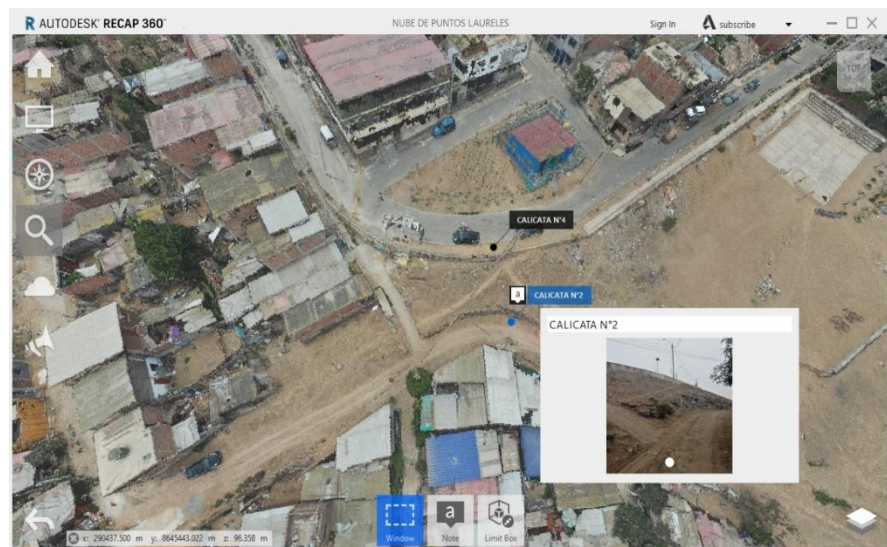


Figura 40: Ubicación de la Zona 2

Fuente: Propia (2021)

- Calicata 2



Figura 41: Calicata 2

Fuente: Propia (2021)

- Calicata 4



Figura 42: Calicata 3

Fuente: Propia (2021)

En las cuatro calicatas se obtuvo el siguiente perfil estratigráfico:

Tabla 5  
Perfil del Terreno

Profundidad (m)	Descripción
000.00 – 0.70	Arena fina mal graduada Muy suelta Seca Gris Presencia de restos plásticos
0.70 – 3.00	Suelo Natural Arena Fina mal graduada suelta Medianamente densa Húmeda Gris plumizo

Fuente: Propia (2021)

– Ensayos de laboratorio:

Para las muestras requeridas por el laboratorio RG & Asociados, nos hicieron llegar una lista de cantidades de muestra (calicatas de 3m de profundidad) puestas a continuación:

Seguidamente de la recolección de muestras, estas fueron llevadas al laboratorio ubicado en el distrito de Chorrillos, Lima – Perú. Donde los resultados obtenidos se encuentran en los Anexos y los resultados, en resumen, fueron los siguientes:

Tabla 6  
Cantidades de muestras.

Ensayo	Cantidad de muestra (Kg)
Granulometría	5
Límite líquido	0.5
Límite plástico	0.5
Corte directo y densidad (max. y min.)	10.

Fuente: Laboratorio RG & Asociados (2021)



Figura 43: Muestras de suelo en el laboratorio

Fuente: Propia (2021)

Tabla 7  
Resumen de los resultados de los ensayos de Laboratorio.

Calicata	Prof.	% Humedad	Peso unitario		Corte directo	
			Mín.	Máx.	Cohesión Kpa	Ángulo de fricción (°)
1	3m	4.2	1.517	1.726	3.26	27.2
2	3m	3.1	1.427	1.624	2.24	26.1
3	3m	4.2	1.449	1.638	1.11	25.7
4	3m	3.3	1.464	1.665	1.71	26.7

Fuente: Laboratorio RG & Asociados.

– Fotogrametría

Para el levantamiento topográfico con drone (Fotogrametría) requerimos los servicios de la empresa The Drone que se acercó a la zona junto con nosotras para poder realizar la actividad.



Figura 44: Drone utilizado en el estudio

Fuente: Propia (2021)

Como resultado del levantamiento topográfico con drone, se tuvo el point cloud, el mosaico y el DCM. Así como también los cortes sacados del programa Global Mapper y pasados al programa Autocad.

Los cortes fueron los siguientes:

- Corte 1

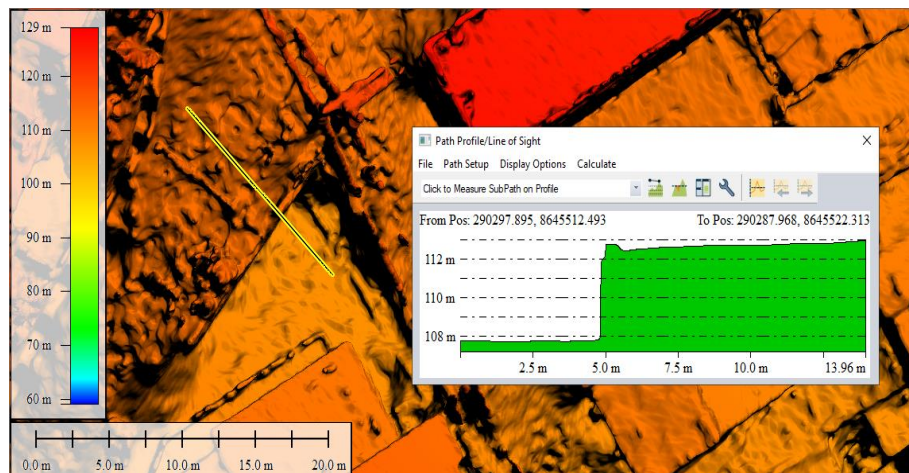


Figura 45: Perfil del corte 1 en Global Mapper

Fuente: Propia (2021)

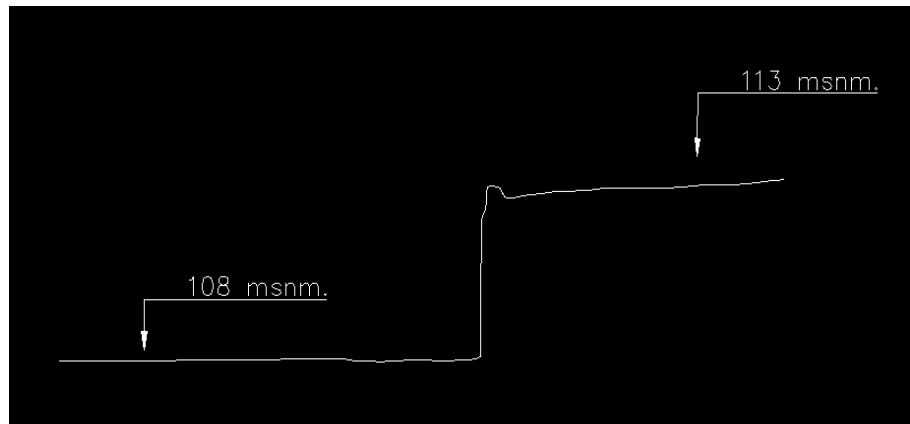


Figura 46: Perfil del corte 1 en Autocad

Fuente: Propia (2021)

- Corte 2

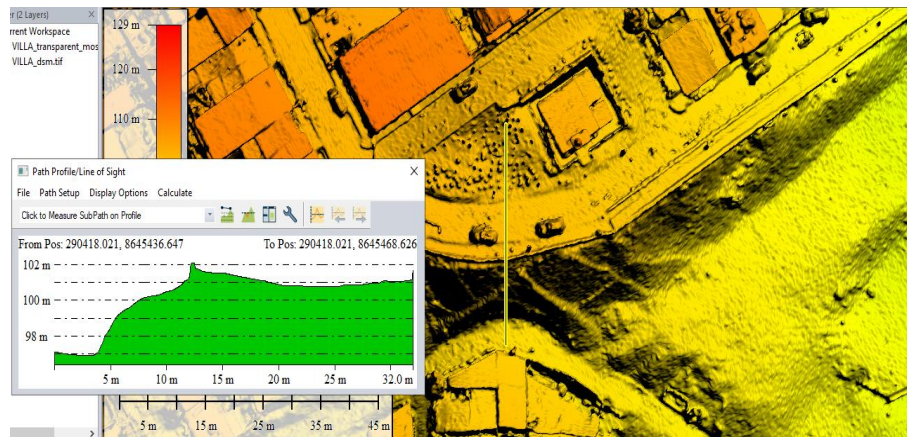


Figura 47: Perfil del corte 2 en Global Mapper

Fuente: Propia (2021)



Figura 48: Perfil del corte 2 en Autocad

Fuente: Propia (2021)

– Descripción de las propiedades geotécnicas:

Para las propiedades geotécnicas se tomaron los datos brindados por el laboratorio, mediante la técnica de calicatas ejecutada en la zona. Con estos datos se elaboró una nueva tabla para caracterizar los taludes a trabajar.

Tabla 8  
Parámetros geotécnicos propuestos para el talud – Corte 1

Corte 1			
	Calicata 1	Calicata 3	Promedio
Peso Unitario (KN/m <sup>3</sup> )	15.91	15.14	15.52
Cohesión (KN/m <sup>2</sup> )	3.26	1.11	2.19
Ángulo de Fricción (°)	27.20	25.70	26.45

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9  
Parámetros geotécnicos propuestos para el talud – Corte 2

Corte 2			
	Calicata 2	Calicata 4	Promedio
Peso Unitario (KN/m <sup>3</sup> )	14.96	15.34	15.15
Cohesión (KN/m <sup>2</sup> )	2.24	1.71	1.98
Ángulo de Fricción (°)	26.10	26.70	26.40

Fuente: Elaboración propia.



– Modelación del talud y muro de contención:

a) Ms Excel

Para encontrar el Factor de seguridad, primero se realizó la modelación de la sección de estudio en hojas de cálculo Ms Excel. Donde se inició pre dimensionando el muro de contención con los parámetros de laboratorio, generando un diseño ideal de la estructura. Se buscó que nuestros factores de seguridad cumplieran con el permitido, haciendo hinca pie que en este caso no se utilizó coeficiente sísmico. (Ver Anexo 4)

Nuestros datos fueron los siguientes:

Datos iniciales para el pre dimensionamiento en el caso de muro de llantas como material principal

Tabla 10  
Pesos específicos de material de relleno con llantas

Material de Relleno	Llantas	Peso específico (KN/m <sup>3</sup> )
Suelo	Vehículos de transporte público	14.95
	Vehículos Particulares	16.63
Gravilla	Vehículos de transporte público	13.52
	Vehículos Particulares	15.76
Residuo de construcción o de demolición	Vehículos de transporte público	10.96
	Vehículos Particulares	13.00

Fuente: Barioni et al. 2012 (Citado en Rodriguez 2016)

Las llantas que se utilizaron fueron las que tienen como material de relleno suelo y para vehículos de transporte público, que tiene como peso específico 14.95 KN/m<sup>3</sup>,

El primer tipo de llanta es 315/80R22.5 con un ancho de 1.08 m y un espesor de 0.315 m.



Figura 49: Llanta 315/80R22.5

Fuente: Goodyear (2021)

El segundo tipo de llanta tiene un ancho de 0.75m con un espesor 0.20m

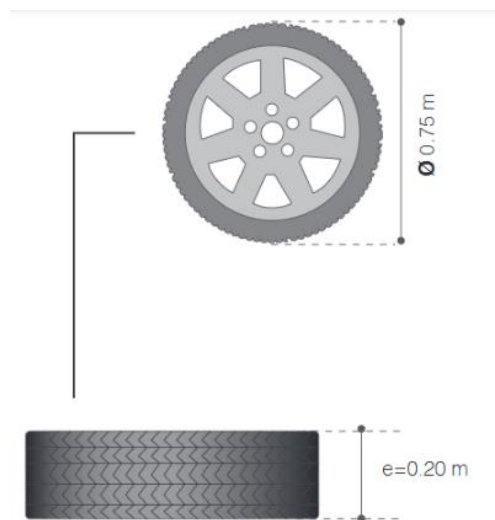


Figura 50: Llanta dimensionada

Fuente: Antúnez (2019)

Datos iniciales para el pre dimensionamiento, usando rocas como material principal. en el muro de pircas

El peso específico de la piedra según De Los Ríos (2008) es de 20.60 KN/m<sup>3</sup> obtenido por el promedio de dos muestras. Ver figura 51.



Figura 51: Muestras A y B para la obtener el peso específico de la piedra  
Fuente De los Rios (2008)

- Corte 1

Tabla 11

Datos iniciales de muro de llantas en el corte 1

Datos del muro	
Altura Total (H)	7.00 m
Base (m)	5.50 m
Peso Específico ( $\gamma$ )	14.95 Kn/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación ( $\alpha$ )	0.00°
Carga (q)	20.00 Kn/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación ( $\beta$ )	90.00°
Ángulo de fricción ( $\delta'$ )	0.00°
hsc	1.32
Datos del suelo de relleno	
Ángulo de fricción ( $\phi_1$ )	25.7°
Peso específico ( $\gamma'1$ )	15.14 Kn/m <sup>3</sup>
Cohesión (C'1)	0.00 Kn/m <sup>2</sup>
Datos del suelo existente	
Ángulo de fricción ( $\phi_2$ )	27.20°
Peso específico ( $\gamma'2$ )	15.90 Kn/m <sup>3</sup>
Cohesión (C'2)	3.26 Kn/m <sup>2</sup>

Fuente: Propia (2021)

Tabla 12  
 Datos iniciales de muro de pirca en el corte 1

Datos del muro	
Altura (H)	7.00 m
Hsc	0.78 m
Htotal	7.78 m
Base (m)	7.10 m
Peso Específico ( $\gamma$ )	20.60 Kn/m <sup>3</sup>
Sobrecarga (q)	20.00 Kn/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación ( $\alpha$ )	0.00°
Ángulo de inclinación ( $\beta$ )	81.07°
Ángulo de fricción ( $\delta'$ )	17.13°
Datos relleno posterior a la pantalla del muro	
Ángulo de fricción ( $\phi_1$ )	25.7°
Peso específico ( $\gamma'1$ )	15.14 Kn/m <sup>3</sup>
Cohesión (C'1)	0.00 Kn/m <sup>2</sup>
Datos de la cimentación	
Ángulo de fricción ( $\phi_2$ )	27.20°
Peso específico ( $\gamma'2$ )	15.90 Kn/m <sup>3</sup>
Cohesión (C'2)	3.26 Kn/m <sup>2</sup>

Fuente: Propia (2021)

Tabla 13  
 Datos iniciales de muro de concreto en el corte 1

Datos del muro	
Altura Total (H)	6.50 m
Base (m)	6.80 m
Peso Específico ( $\gamma$ )	23.58 Kn/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación ( $\alpha$ )	0.00°
Carga (q)	20.00 Kn/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación ( $\beta$ )	90.00°
Ángulo de fricción ( $\delta'$ )	0.00°
hsc	0.78
Datos del suelo de relleno	
Ángulo de fricción ( $\phi$ 1)	25.7°
Peso específico ( $\gamma'$ 1)	15.14 Kn/m <sup>3</sup>
Cohesión (C'1)	0.00 Kn/m <sup>2</sup>
Datos del suelo existente	
Ángulo de fricción ( $\phi$ 2)	27.20°
Peso específico ( $\gamma'$ 2)	15.90 Kn/m <sup>3</sup>
Cohesión (C'2)	3.26 Kn/m <sup>2</sup>

Fuente: Propia (2021)

- Corte 2

Tabla 14

Datos iniciales del muro de Llantas en el corte 2

Datos del muro	
Altura Total (H)	5.52 m
Base (m)	5.68 m
Peso Específico ( $\gamma$ )	14.95 Kn/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación ( $\alpha$ )	0.00°
Carga (q)	20.00 Kn/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación ( $\beta$ )	90.00°
Ángulo de fricción ( $\delta'$ )	0.00°
hsc	1.30
Datos del suelo de relleno	
Ángulo de fricción ( $\phi_1$ )	26.7°
Peso específico ( $\gamma'1$ )	15.34 Kn/m <sup>3</sup>
Cohesión (C'1)	0.00 Kn/m <sup>2</sup>
Datos del suelo existente	
Ángulo de fricción ( $\phi_2$ )	26.1°
Peso específico ( $\gamma'2$ )	14.96 Kn/m <sup>3</sup>
Cohesión (C'2)	2.24 Kn/m <sup>2</sup>

Fuente: Propia (2021)

Tabla 15  
 Datos muro de pircas en el corte 2

Datos del muro	
Altura (H)	6.00 m
Hsc	0.75 m
Htotal	6.75 m
Base (m)	6.20 m
Peso Específico ( $\gamma$ )	20.60 Kn/m <sup>3</sup>
Sobrecarga (q)	20.00 Kn/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación ( $\alpha$ )	0.00°
Ángulo de inclinación ( $\beta$ )	80.54°
Ángulo de fricción ( $\delta'$ )	17.80°
Datos relleno posterior a la pantalla del muro	
Ángulo de fricción ( $\phi_1$ )	26.7°
Peso específico ( $\gamma'1$ )	15.34 Kn/m <sup>3</sup>
Cohesión (C'1)	0.00 Kn/m <sup>2</sup>
Datos de la cimentación	
Ángulo de fricción ( $\phi_2$ )	26.10°
Peso específico ( $\gamma'2$ )	14.96 Kn/m <sup>3</sup>
Cohesión (C'2)	2.24 Kn/m <sup>2</sup>

Fuente: Propia (2021)

Tabla 16  
 Datos muros de concreto en el corte 2

Datos del muro	
Altura Total (H)	5.00 m
Base (m)	5.40 m
Peso Específico ( $\gamma$ )	23.58 Kn/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación ( $\alpha$ )	0.00°
Carga (q)	20.00 Kn/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación ( $\beta$ )	90.00°
Ángulo de fricción ( $\delta'$ )	0.00°
hsc	0.75 m
Datos del suelo de relleno	
Ángulo de fricción ( $\phi_1$ )	26.70°
Peso específico ( $\gamma'1$ )	15.34 Kn/m <sup>3</sup>
Cohesión (C'1)	0.00 Kn/m <sup>2</sup>
Datos del suelo existente	
Ángulo de fricción ( $\phi_2$ )	26.10°
Peso específico ( $\gamma'2$ )	14.96 Kn/m <sup>3</sup>
Cohesión (C'2)	2.24 Kn/m <sup>2</sup>

Fuente: Propia (2021)

b) Slide

Seguidamente se realizó la modelación de las secciones de estudio en el programa Slide V 6.0. Presentamos el resumen de los pasos efectuados para la modelación y análisis del talud:

1. Modelación el talud y estrato del suelo.
2. Definición de los parámetros geotécnicos del suelo.
3. Adición de la carga distribuida.



4. Adición del Grid.
5. Adición de los límites
6. Adición de la carga sísmica
7. Selección de los métodos deterministas de cálculo.
8. Interpretación de resultados.

- Sobrecarga:

Se consideró una sobrecarga de  $20 \text{ KN/m}^2$  para la superficie colindante. Para la presente investigación se planteó la carga en la zona de origen como se observa en la realidad, representando una carga de tránsito.

- Sismo:

En el mapa de peligro sísmico probabilístico de la ciudad de Lima, para la ubicación de estudio de estudio se aprecia una aceleración horizontal máxima de  $0.4 \text{ g}$  (Ver Anexo 3), que posee un período de retorno de 500 años. Por lo tanto, se estableció utilizar el coeficiente sísmico  $K_h$  con un valor de  $0.20 \text{ g}$ , puesto que, se consideró el 50% de la aceleración pico del terreno.

Se debe tomar en cuenta que el análisis de estabilidad de taludes y muros de contención en sus tres formas: muro de llantas, muro de pircas y muro de concreto fueron analizados en condición pseudo estática con un coeficiente sísmico de  $0.2\text{g}$  y una carga de  $20 \text{ KN/m}^2$ .

- Análisis estático para el corte 1
  - a) Corte 1 empleando muro de llantas
    - Método de Bishop Simplificado

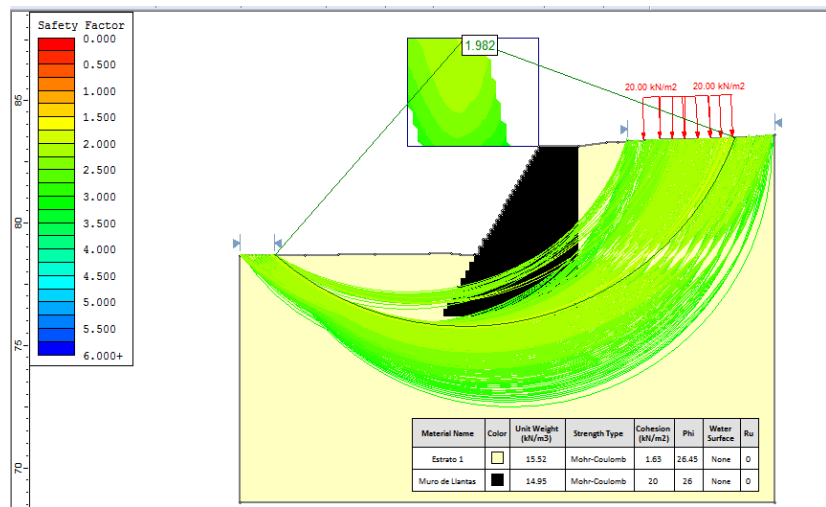


Figura 52: Método de Bishop simplificado para el muro de llantas en el corte 1  
Fuente: Propia (2021)

- Método de Spencer

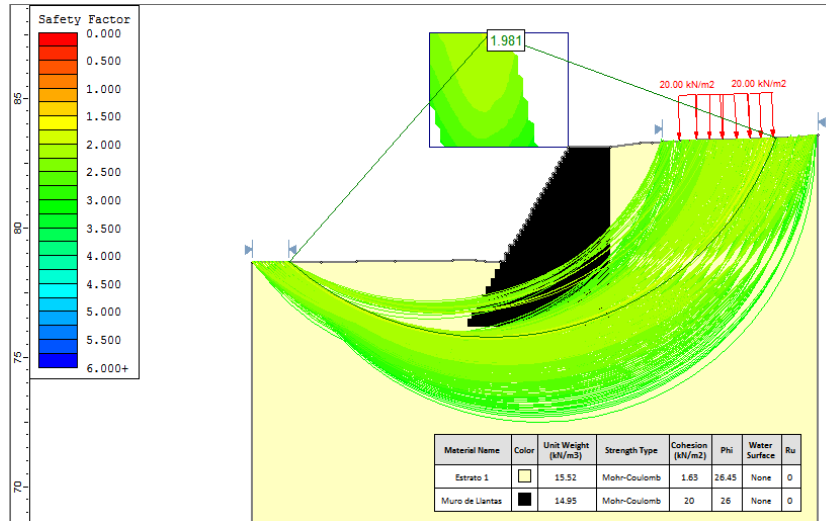


Figura 53: Método de Spencer para el muro de llantas en el corte 1  
Fuente: Propia (2021)

- Método de Morgenstern Price

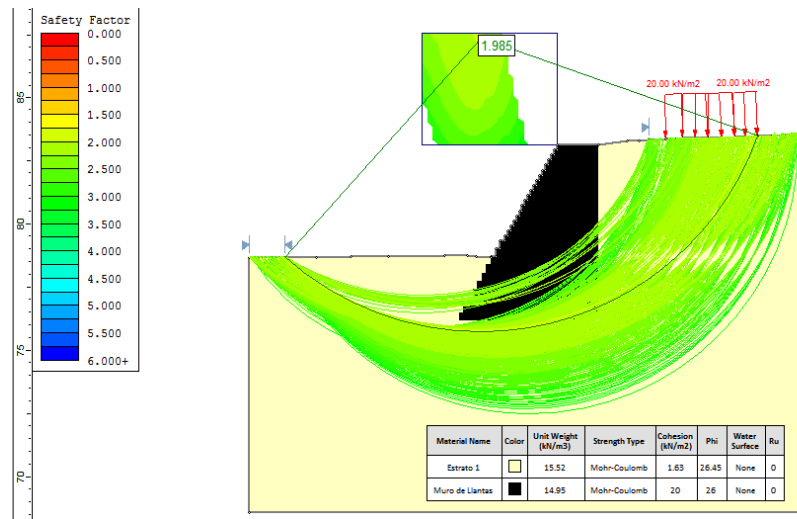


Figura 54: Método de Morgenstern Price para el muro de llantas en el corte 1  
Fuente: Propia (2021)

b) Corte 1 empleando muro de pircas

- Método de Bishop

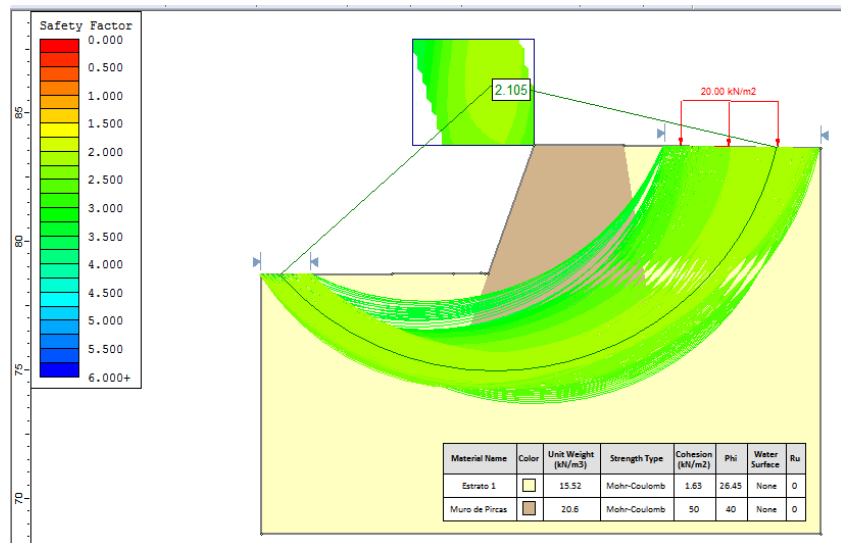


Figura 55: Método de Bishop simplificado para el muro de pircas en el corte 1  
Fuente: Propia (2021)

## Método de Spencer

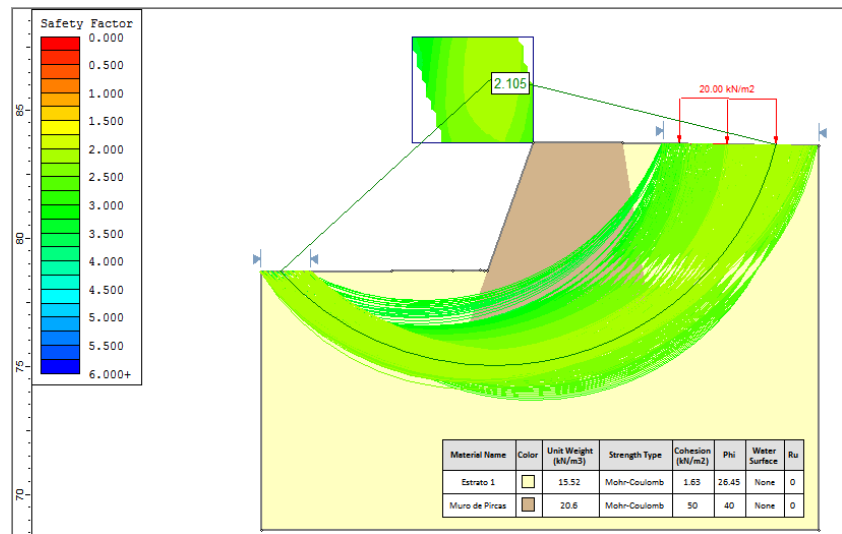


Figura 56: Método de Spencer para el muro de pircas en el corte 1

Fuente: Propia (2021)

- Método de Morgenstern Price

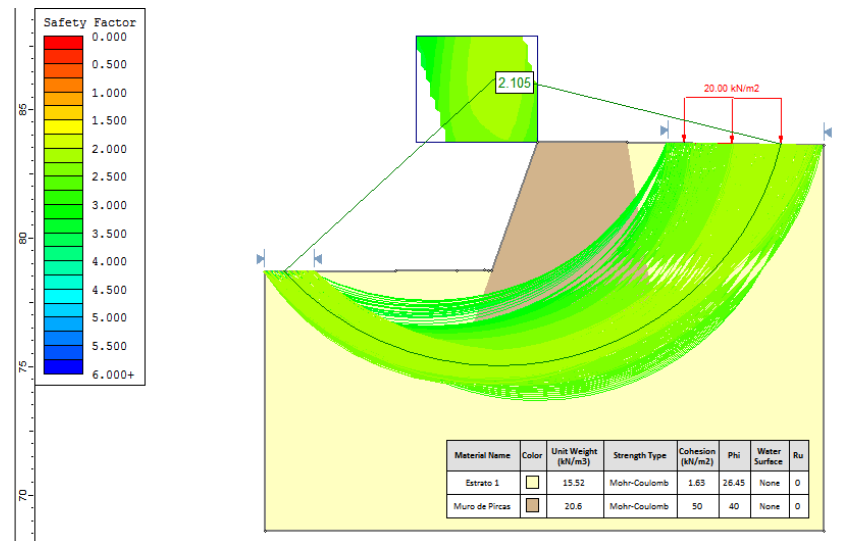


Figura 57: Método de Morgenstern Price para el muro de pircas en el corte 1

Fuente: Propia (2021)

c) Corte 1 empleando muro de concreto

- Método de Bishop

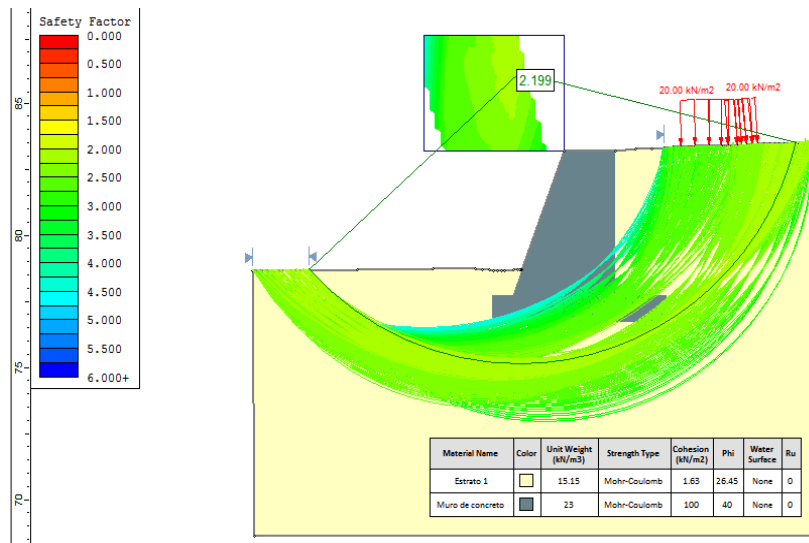


Figura 58: Método de Bishop simplificado para el muro de concreto en el corte 1

Fuente: Propia (2021)

- Método de Spencer

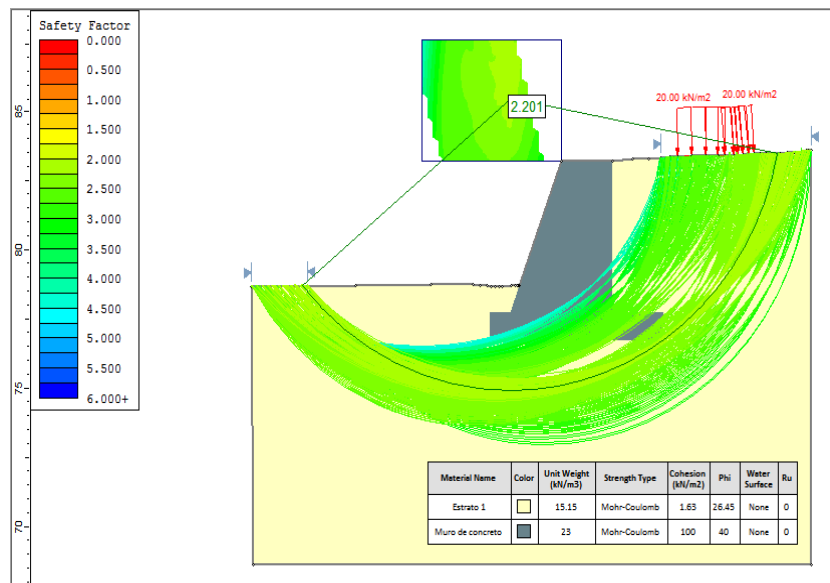


Figura 59: Método de Spencer para el muro de concreto en el corte 1

Fuente: Propia (2021)

- Método de Morgenstern Price

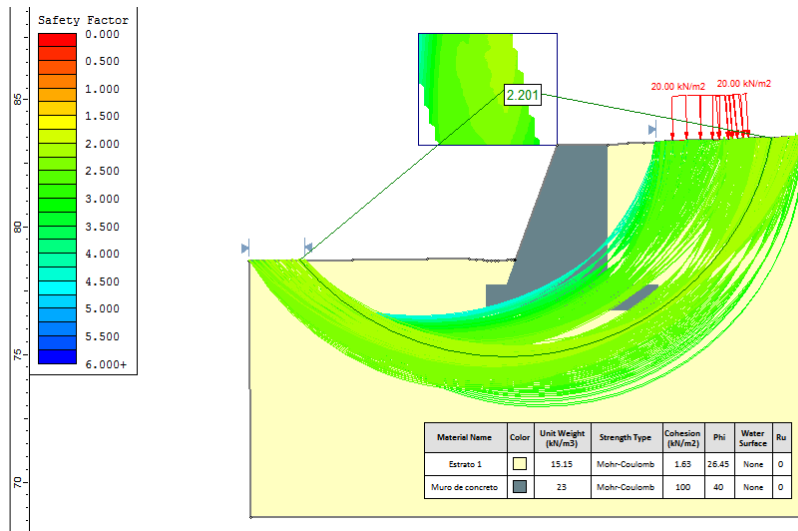


Figura 60: Método de Morgenstern Price para el muro de concreto en el corte 1  
Fuente: Propia (2021)

- Análisis pseudo estático para el corte 2
  - a) Corte 1 empleando muro de llantas
    - Método de Bishop Simplificado

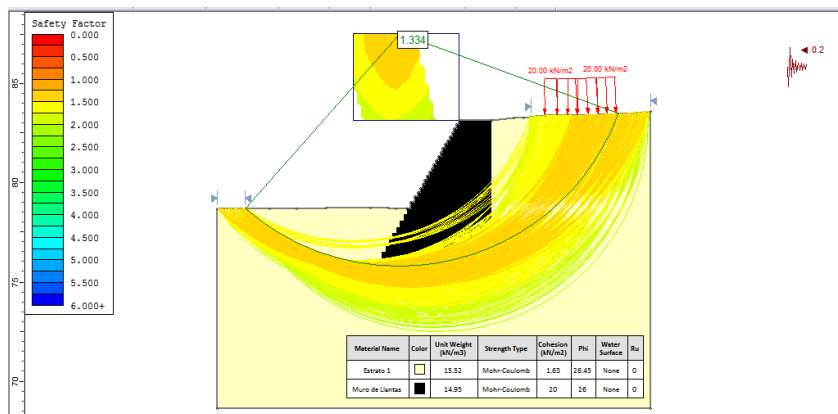


Figura 61: Método de Bishop simplificado para el muro de llantas en el corte 1  
Fuente: Propia (2021)

- Método de Spencer

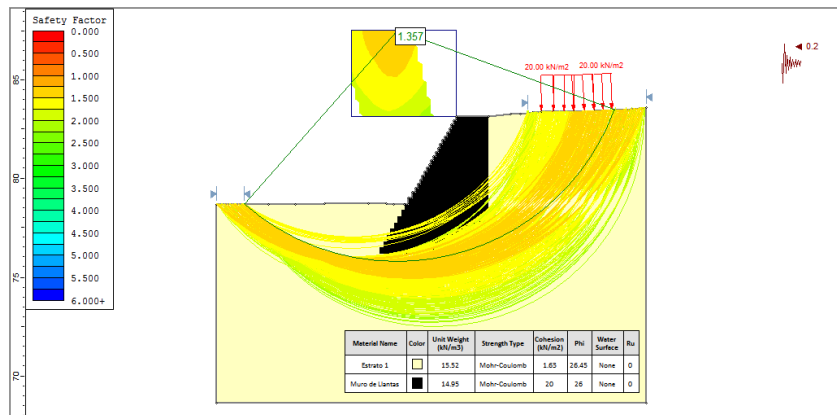


Figura 62: Método de Spencer para el muro de llantas en el corte 1

Fuente: Propia (2021)

- Método de Morgenstern Price

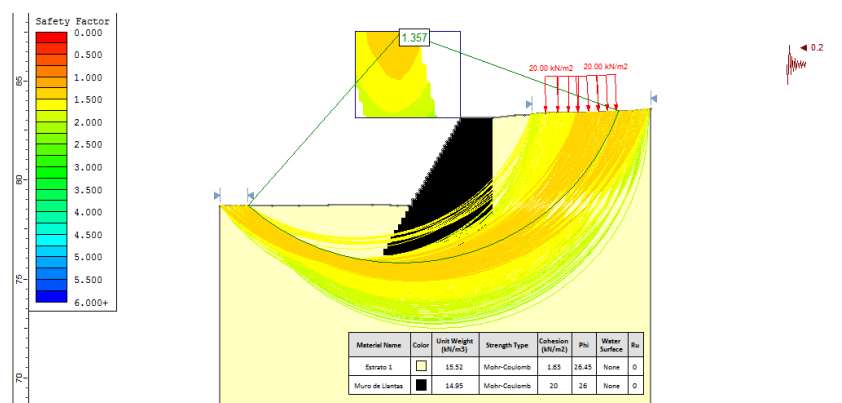


Figura 63: Método de Morgenstern Price para el muro de llantas en el corte 1

Fuente: Propia (2021)

b) Corte 1 empleando muro de pircas

- Método de Bishop simplificado

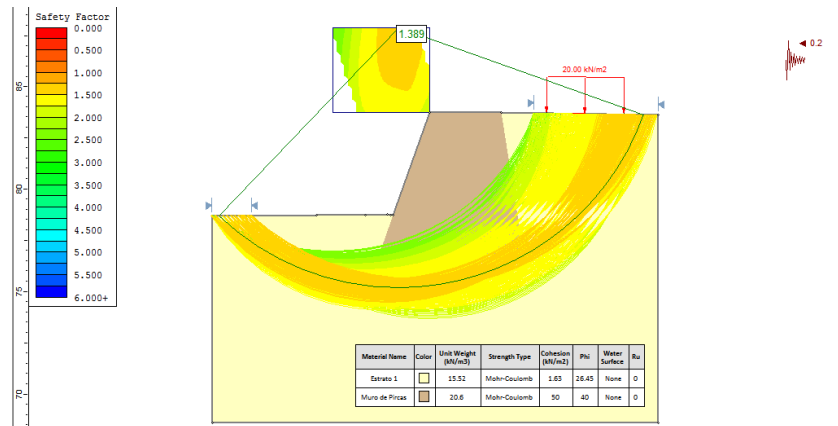


Figura 64: Método de Bishop simplificado para el muro de pircas en el corte 1  
Fuente: Propia (2021)

- Método de Spencer

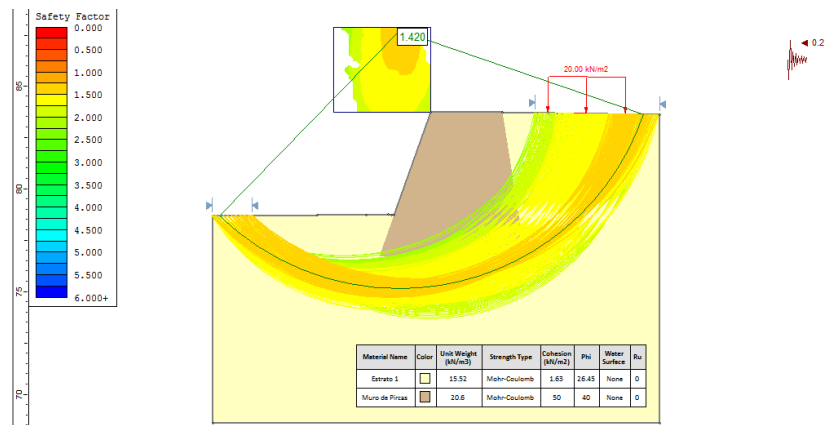


Figura 65: Método de Spencer para el muro de pircas en el corte 1  
Fuente: Propia (2021)



- Método de Morgenstern Price

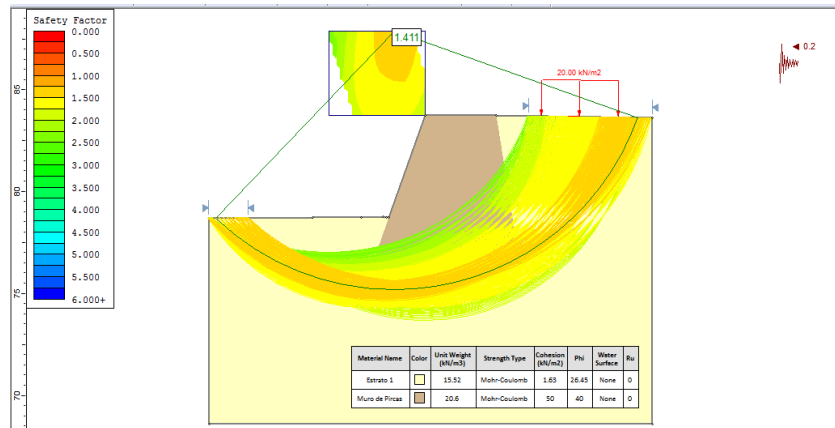


Figura 66: Método de Morgenstern Price para el muro de pircas en el corte 1  
Fuente: Propia (2021)

c) Corte 1 empleando muro de concreto

- Método de Bishop simplificado

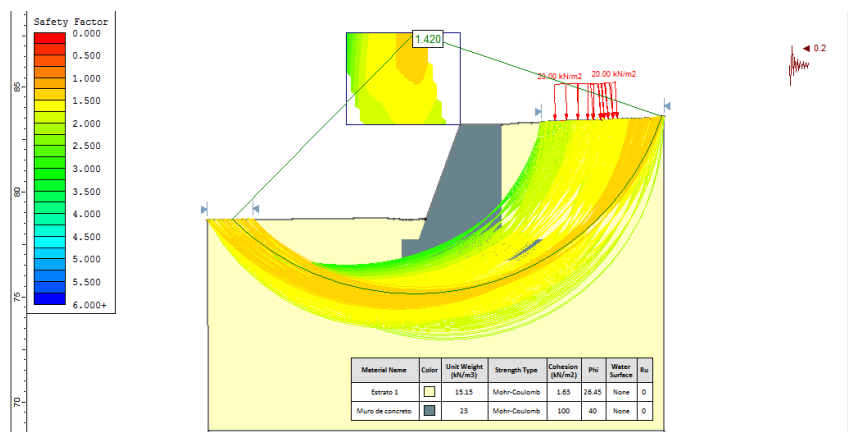


Figura 67: Método de Bishop simplificado para el muro de concreto en el corte 1  
Fuente: Propia (2021)

- Método de Spencer

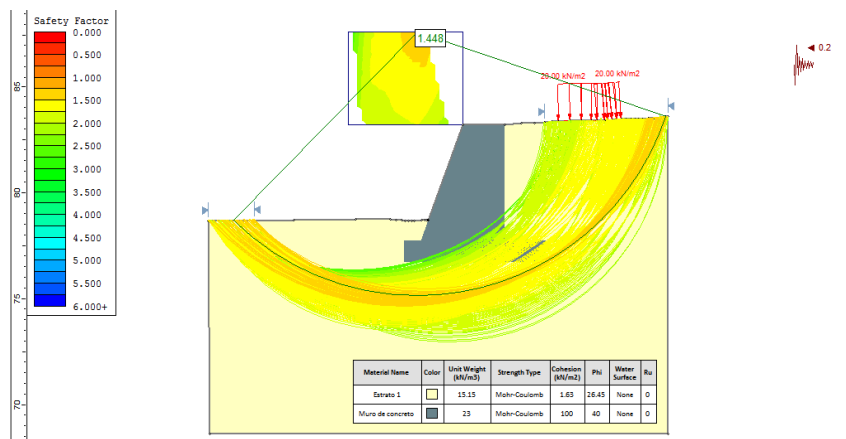


Figura 68: Método de Spencer para el muro de concreto en el corte 1

Fuente: Propia (2021)

- Método de Morgenstern Price

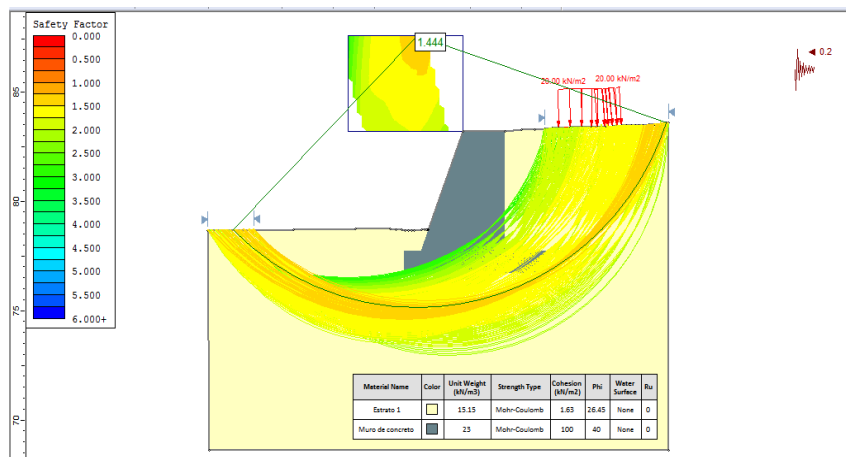


Figura 69: Método de Morgenstern Price para el muro de concreto en el corte 1

Fuente: Propia (2021)

- Análisis estático para el corte 2
  - a) Corte 2 empleando muro de llantas
    - Método de Bishop simplificado

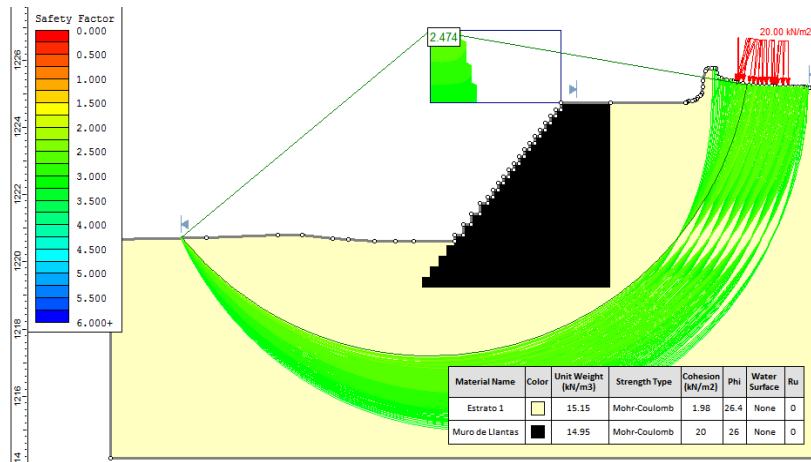


Figura 70: Método de Bishop simplificado para muro de llantas en el corte 2  
Fuente: Propia (2021)

- Método de Spencer

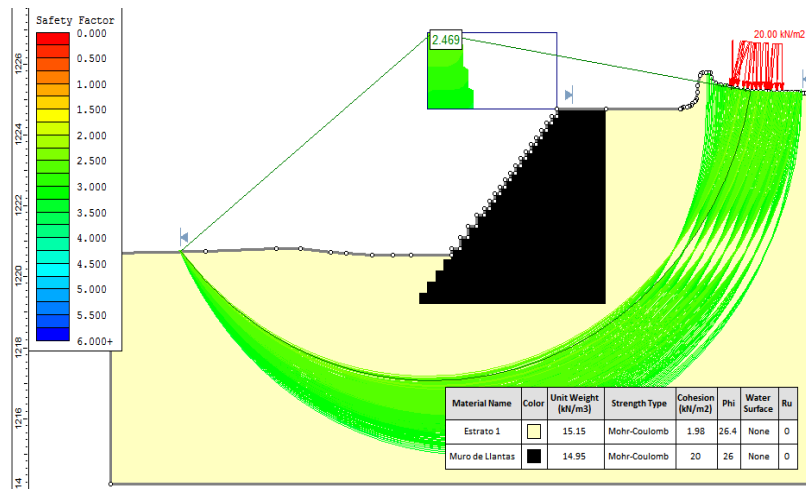


Figura 71: Método de Spencer para muro de llantas en el corte 2  
Fuente: Propia (2021)

- Método de Morgenstern Price

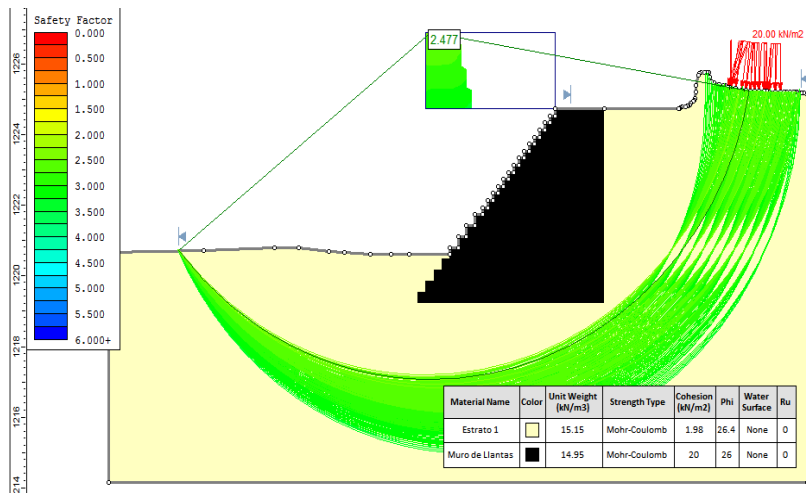


Figura 72: Método de Morgenstern Price para muro de llantas en el corte 2  
Fuente: Propia (2021)

b) Corte 2 empleando muro de pirca

- Método de Bishop simplificado

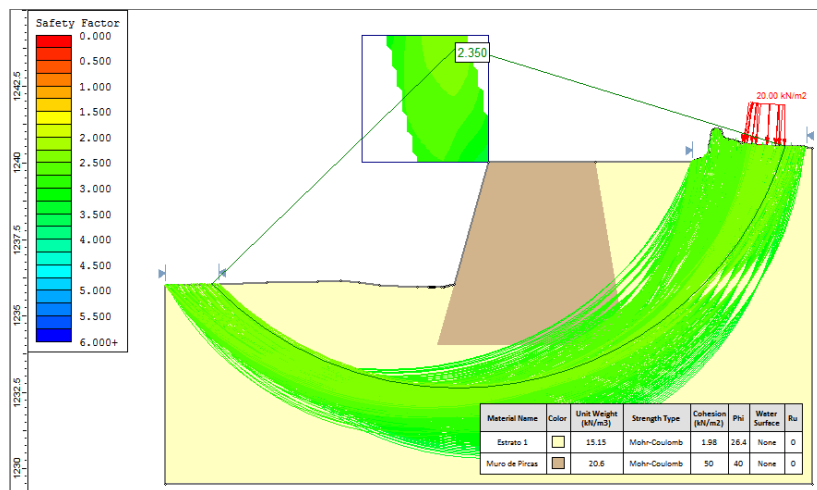


Figura 73: Método de Bishop simplificado para muro de pircas en el corte 2  
Fuente: Propia (2021)

- Método de Spencer

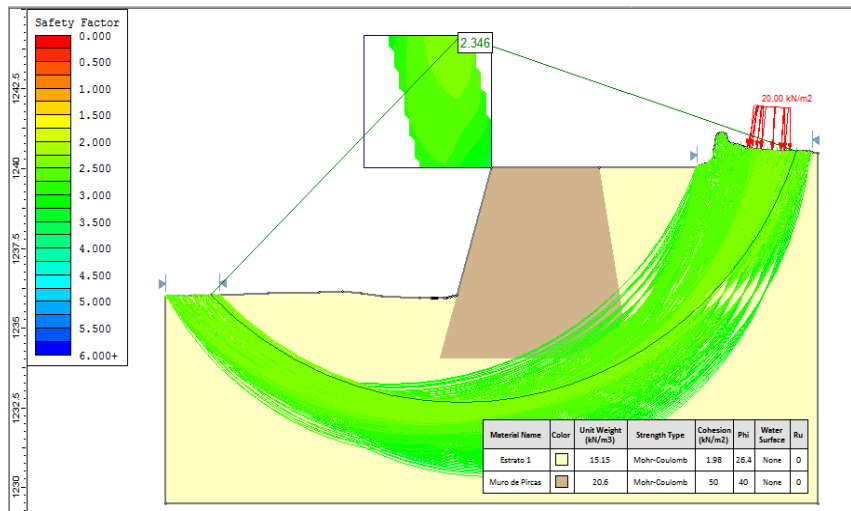


Figura 74: Método de Spencer para muro de pircas en el corte 2

Fuente: Propia (2021)

- Método de Morgenstern Price

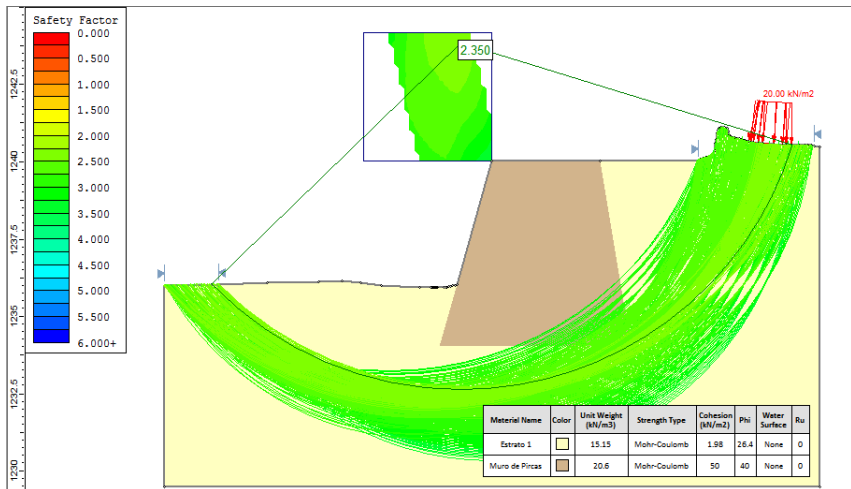


Figura 75: Método de Morgenstern Price para muro de pircas en el corte 2

Fuente: Propia (2021)

c) Corte 2 empleando muro de concreto

- Método de Bishop simplificado

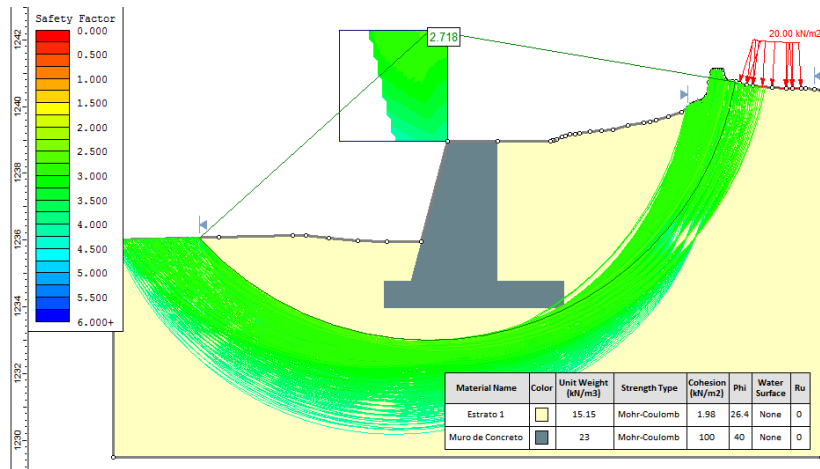


Figura 76: Método de Bishop simplificado para muro de concreto en el corte 2

Fuente: Propia (2021)

- Método de Spencer

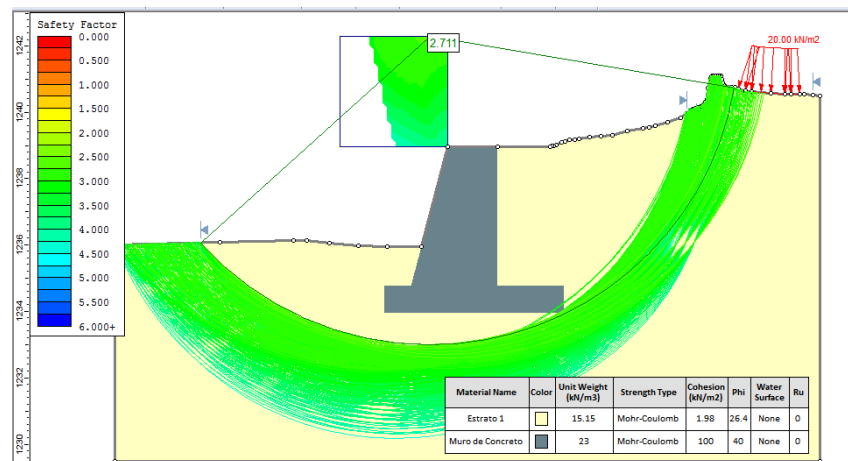


Figura 77: Método de Spencer para muro de concreto en el corte 2

Fuente: Propia (2021)

- Método de Morgenstern Price

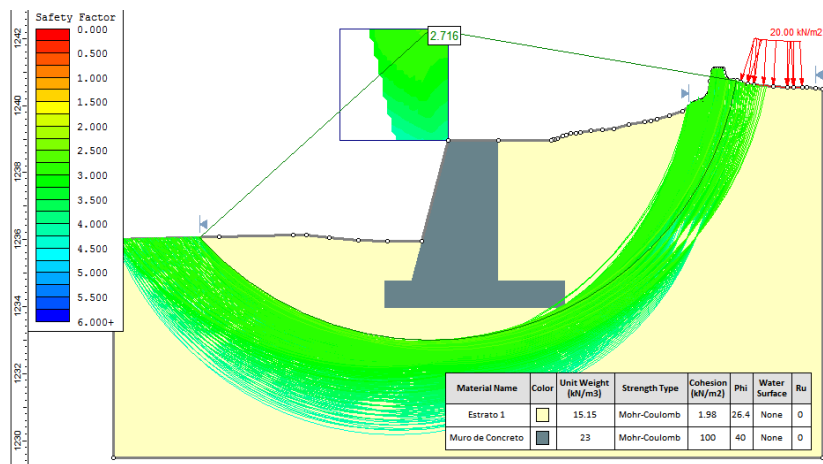


Figura 78: Método de Morgenstern Price para el muro de concreto en el corte 2  
Fuente: Propia (2021)

- Análisis pseudo estático para el corte 2
  - a) Corte 2 empleando muro de llantas
    - Método de Bishop simplificado

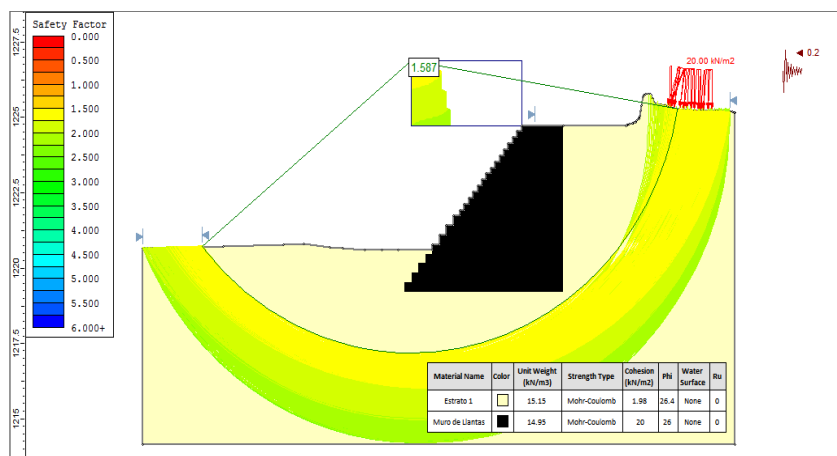


Figura 79: Método de Bishop simplificado para muro de llantas en el corte 2  
Fuente: Propia (2021)

- Método de Spencer

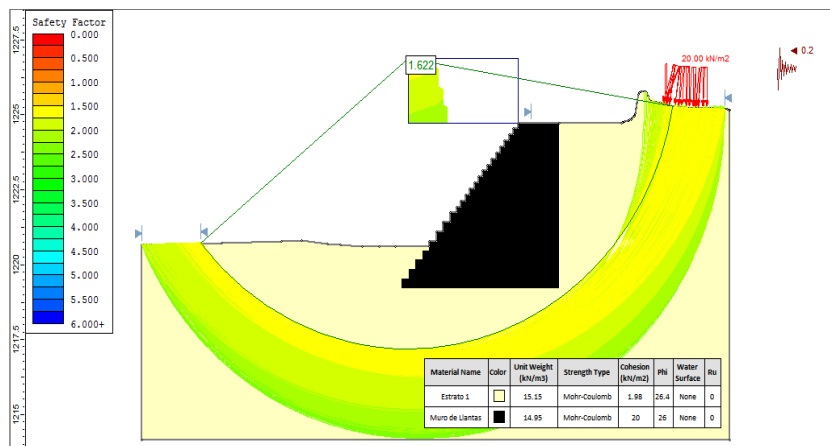


Figura 80: Método de Spencer para muro de llantas en el corte 2

Fuente: Propia (2021)

- Método de Morgenstern Price

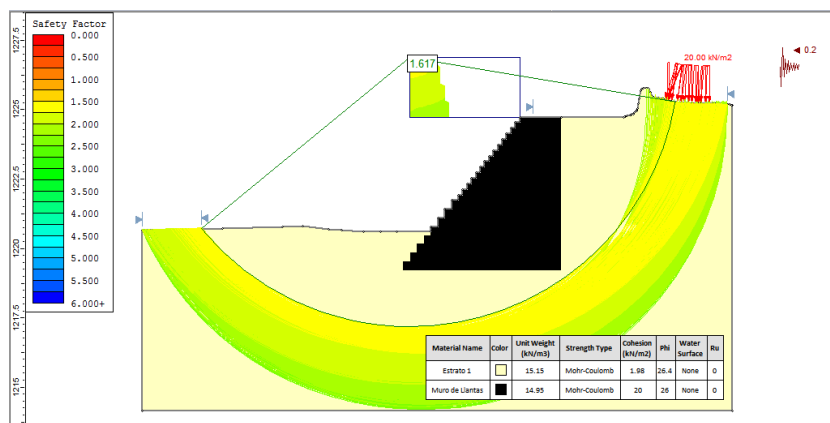


Figura 81: Método de Morgenstern Price para muro de llantas en el corte 2

Fuente: Propia (2021)



- b) Corte 2 empleando muro de pirca
- Método de Bishop simplificado

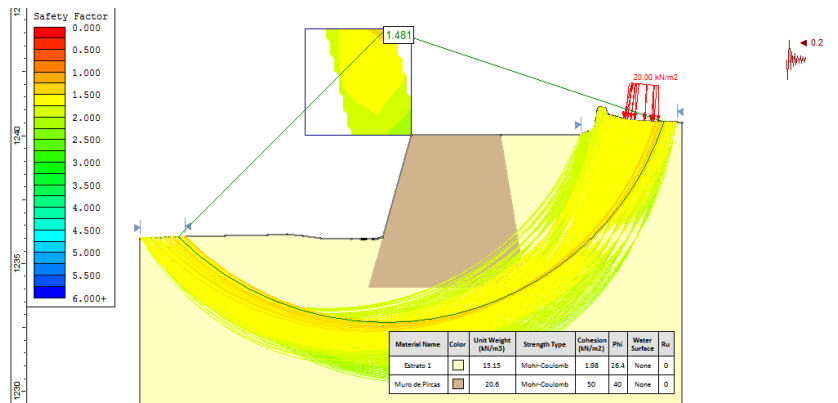


Figura 82: Método de Bishop simplificado para muro de pircas en el corte 2  
Fuente: Propia (2021)

- Método de Spencer

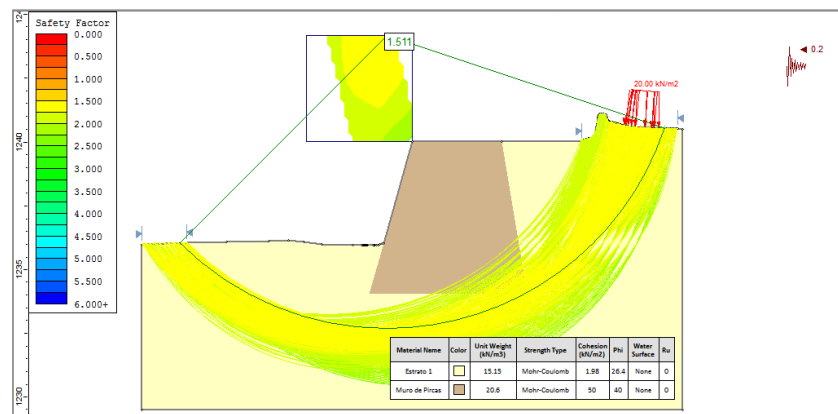


Figura 83: Método de Spencer para muro de pircas en el corte 2  
Fuente: Propia (2021)

- Método de Morgenstern Price

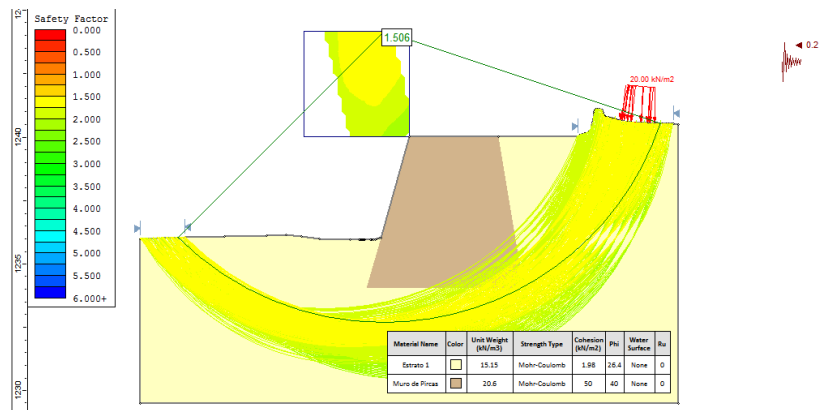


Figura 84: Método de Morgenstern Price para muro de pircas en el corte 2  
Fuente: Propia (2021)

c) Corte 2 empleando muro de concreto

- Método de Bishop simplificado

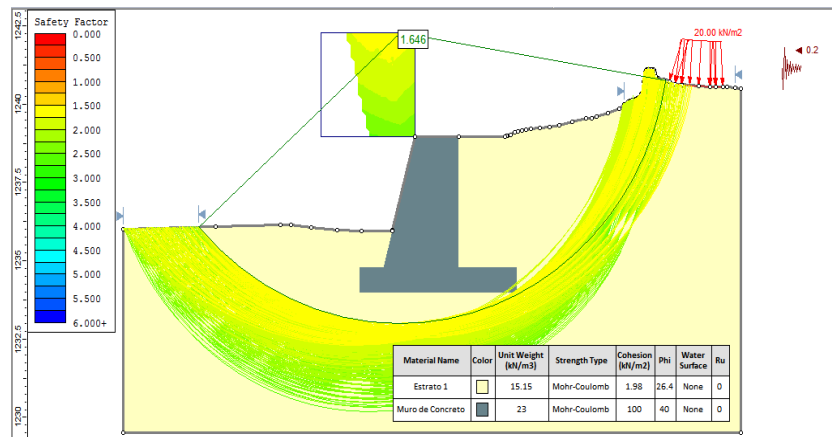


Figura 85: Método de Bishop simplificado para muro de concreto en el corte 2  
Fuente: Propia (2021)

- Método de Spencer

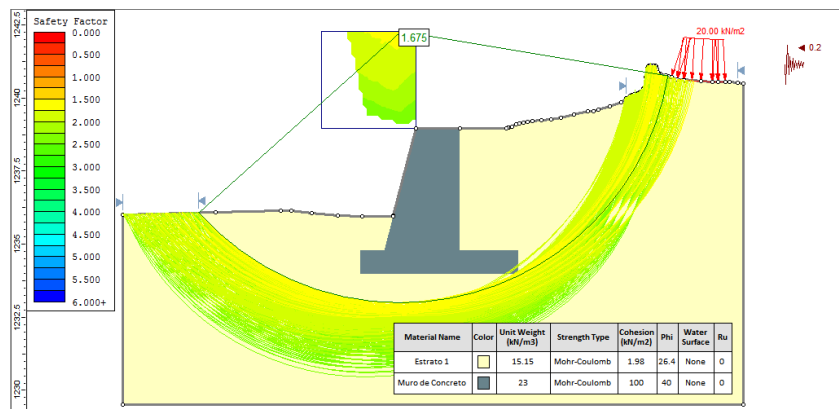


Figura 86: Método de Spencer para muro de concreto en el corte 2

Fuente: Propia (2021)

- Método de Morgenstern Price

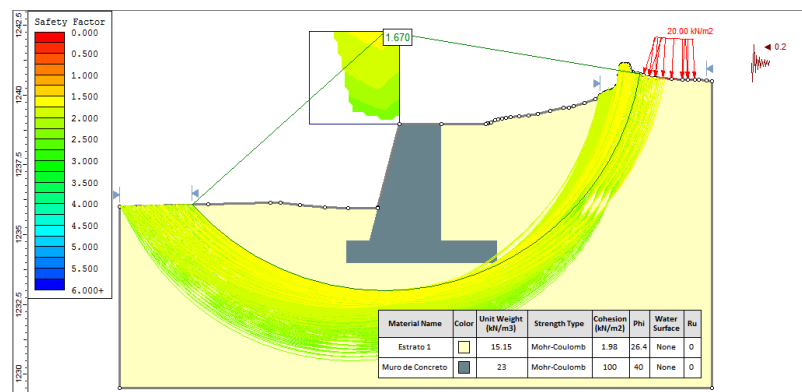


Figura 87: Método de Morgenstern Price para el muro de concreto en el corte 2

Fuente: Propia (2021)

## 5.2 Presentación de resultados

### 5.2.1 Ms Excel

Nuestros resultados del pre dimensionamiento en hojas de cálculo Ms Excel (Ver Anexo 4) se muestran a continuación:

- Corte 1|  
Muro de llantas

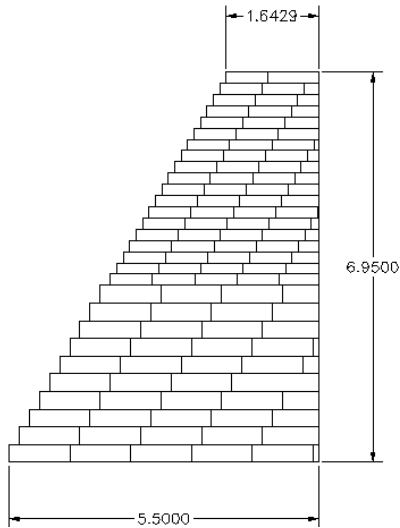


Figura 88: Muro de llantas dimensionado en el corte 1

Fuente: Propia (2021)

Tabla 17

Resultados del muro de llantas en el corte 1

Factores de seguridad – corte 1			
Factor de seguridad		Resultante	Cumple/No cumple
Por volteo	$2 <$	3.20	Cumple
Por deslizamiento	$1.5 <$	2.11	Cumple
Por cap. de carga	$3 <$	6.56	Cumple

Fuente: Propia (2021)

### Muro de Pirca

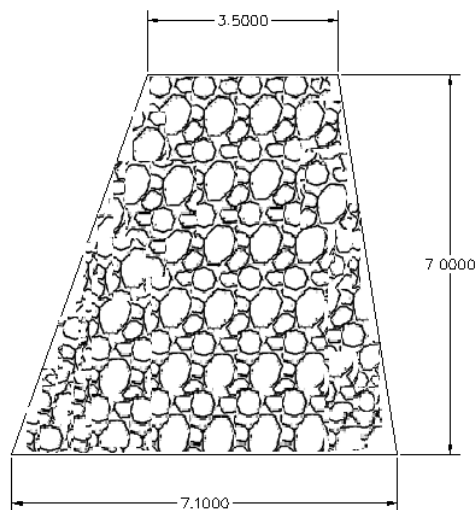


Figura 89: Muro de pircas dimensionado en el corte 1

Fuente: Propia (2021)

Tabla 18  
Resultados del muro de Pircas en el corte 1

Factores de seguridad – corte 1			
Factor de seguridad		Resultante	Cumple/No cumple
Por volteo	2 <	9.76	Cumple
Por deslizamiento	1.5 <	1.53	Cumple
Por cap. de carga	3 <	4.70	Cumple

Fuente: Propia (2021)

### Muro de concreto

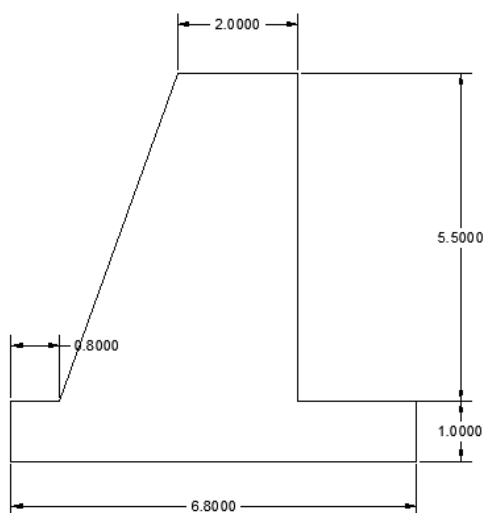


Figura 90: Muro de concreto dimensionado en el corte 1

Fuente: Propia (2021)

Tabla 19  
Resultados del muro de concreto en el corte 1

Factores de seguridad – corte 1			
Factor de seguridad		Resultante	Cumple/No cumple
Por volteo	2 <	6.91	Cumple
Por deslizamiento	1.5 <	1.53	Cumple
Por cap. de carga	3 <	3.33	Cumple

Fuente: Propia (2021)

- Corte 2
- Muro de llantas

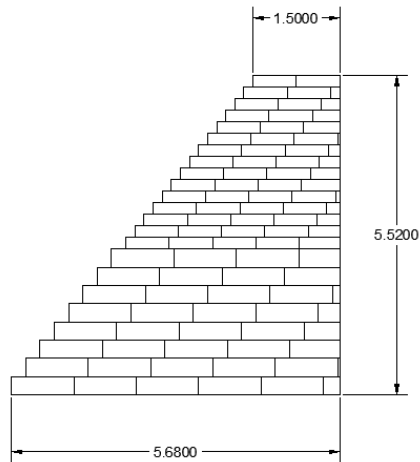


Figura 91: Muro de llantas dimensionado en el corte 2

Fuente: Propia

Tabla 20

Resultados del muro de llantas en el corte 2

Factores de seguridad – corte 2			
Factor de seguridad		Resultante	Cumple/No cumple
Por volteo	$2 <$	2.80	Cumple
Por deslizamiento	$1.5 <$	1.83	Cumple
Por cap. de carga	$3 <$	3.11	Cumple

Fuente: Propia (2021)

Muro de Pirca

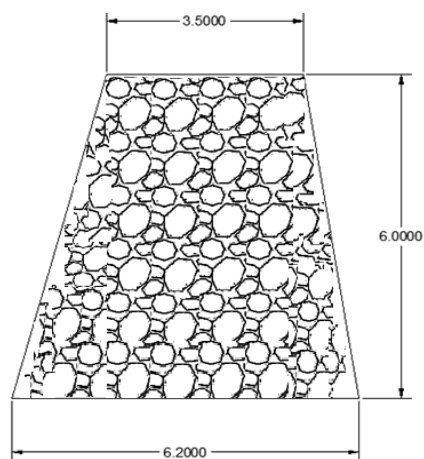


Figura 92: Muro de pircas dimensionado en el corte 2

Fuente: Propia

Tabla 21  
Resultados del muro de Pircas en el corte 2

Factores de seguridad – corte 2			
Factor de seguridad		Resultante	Cumple/No cumple
Por volteo	2 <	11.44	Cumple
Por deslizamiento	1.5 <	1.55	Cumple
Por cap. de carga	3 <	4.34	Cumple

Fuente: Propia (2021)

### Muro de concreto

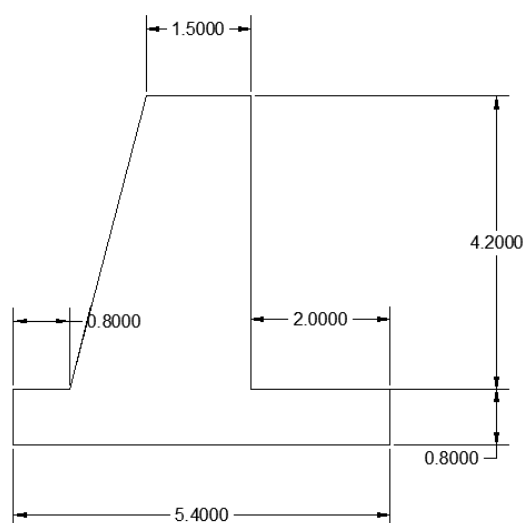


Figura 93: Muro de Concreto en el corte 2

Fuente: Propia

Tabla 22  
Resultados del muro de concreto en el corte 2

Factores de seguridad – corte 2			
Factor de seguridad		Resultante	Cumple/no Cumple
Por volteo	2 <	7.79	Cumple
Por deslizamiento	1.5 <	1.55	Cumple
Por cap. de carga	3 <	3.21	Cumple

Fuente: Propia (2021)

## 5.2.2 Slide

Tabla 23  
Parámetros de los perfiles del corte 1 y 2

	Perfil – corte 1	Perfil – corte 2
Peso unitario (KN/m <sup>3</sup> )	15.52	15.15
Cohesión (KN/m <sup>2</sup> )	2.19	1.98
Ángulo de fricción (°)	26.45	26.40

Fuente: Propia (2021)

### – Corte 1

Tabla 24  
Resultados del muro de llantas en el corte 1

Factores de seguridad – corte 1			
Factor de seguridad	Métodos	FS	Cumple/No cumple
FS estático	Bishop Simplificado	1.982	Cumple
	Spencer	1.981	Cumple
	Morgenstern Price	1.985	Cumple
FS pseudo estático	Bishop Simplificado	1.334	Cumple
	Spencer	1.357	Cumple
	Morgenstern Price	1.357	Cumple

Fuente: Propia (2021)



Tabla 25  
Resultados del muro de pircas en el corte 1

Factores de seguridad – corte 1			
Factor de seguridad	Métodos	FS	Cumple/No cumple
FS estático	Bishop Simplificado	2.105	Cumple
	Spencer	2.105	Cumple
	Morgenstern Price	2.105	Cumple
FS pseudo estático	Bishop Simplificado	1.389	Cumple
	Spencer	1.420	Cumple
	Morgenstern Price	1.411	Cumple

Fuente: Propia (2021)

Tabla 26  
Resultados del muro de concreto en el corte 1

Factores de seguridad – corte 1			
Factor de seguridad	Métodos	FS	Cumple/No cumple
FS estático	Bishop Simplificado	2.199	Cumple
	Spencer	2.201	Cumple
	Morgenstern Price	2.201	Cumple
FS pseudo estático	Bishop Simplificado	1.420	Cumple
	Spencer	1.448	Cumple
	Morgenstern Price	1.444	Cumple

Fuente: Propia (2021)

– Corte 2

Tabla 27  
Resultados del muro de llantas en el corte 2

Factores de seguridad – corte 2			
Factor de seguridad	Métodos	FS	Cumple/No cumple
FS estático	Bishop Simplificado	2.474	Cumple
	Spencer	2.464	Cumple
	Morgenstern Price	2.477	Cumple
FS pseudo estático	Bishop Simplificado	1.587	Cumple
	Spencer	1.622	Cumple
	Morgenstern Price	1.617	Cumple

Fuente: Propia (2021)

Tabla 28  
Resultados del muro de pircas en el corte 2

Factores de seguridad – corte 2			
Factor de seguridad	Métodos	FS	Cumple/No cumple
FS estático	Bishop Simplificado	2.350	Cumple
	Spencer	2.346	Cumple
	Morgenstern Price	2.350	Cumple
FS pseudo estático	Bishop Simplificado	1.481	Cumple
	Spencer	1.511	Cumple
	Morgenstern Price	1.506	Cumple

Fuente: Propia (2021)

Tabla 29  
Resultados del muro de concreto en el corte 2

Factores de seguridad – corte 2			
Factor de seguridad	Métodos	FS	Cumple/No cumple
FS estático	Bishop Simplificado	2.718	Cumple
	Spencer	2.711	Cumple
	Morgenstern Price	2.716	Cumple
FS pseudo estático	Bishop Simplificado	1.646	Cumple
	Spencer	1.675	Cumple
	Morgenstern Price	1.670	Cumple

Fuente: Propia (2021)

### 5.3 Análisis de resultado

#### 5.3.1 Para los análisis de resultados de ms Excel

Para el corte 1 y 2, que en la actualidad se encuentra un muro de pirca y un muro de llantas, respectivamente en los Laureles de Villa el Salvador, los tres muros cumplen en el aspecto técnico al sobrepasar los factores de seguridad estáticos por volteo, deslizamiento y capacidad de carga.

Tabla 30  
Cuadro de resultados de factor de seguridad para el corte 1

Factores de seguridad en el corte 1			
Tipo de Muro	Volteo	Deslizamiento	Capacidad de Carga
Llanta	3.20	2.11	6.56
Pirca	9.76	1.53	4.70
Concreto	6.91	1.53	3.33

Fuente: Propia (2021)

Tabla 31  
Cuadro de resultados de factor de seguridad para el corte 2

Factores de seguridad en el corte 2			
Tipo de Muro	Volteo	Deslizamiento	Capacidad de Carga
Llanta	2.80	1.83	3.11
Pirca	11.44	1.55	4.34
Concreto	7.79	1.55	3.21

Fuente (2021)

Entre los tres muros el que cumple con el aspecto económico es el muro de llantas, por lo que se puede utilizar material de la zona para el relleno, a la vez como el procedimiento no es complejo, las mismas personas del lugar lo pueden construir, además de ser una opción eco amigable.

Tabla 32  
Presupuesto por m2 para el corte 1

Presupuesto para cada tipo de muro por m <sup>2</sup> – Corte 1	
Tipo de Muro	Costo del muro por m <sup>2</sup> (S/.)
Muro de Llantas	41.05
Muro de Pircas	163.05
Muro de Concreto	2702.73

Fuente (2021)

Tabla 33  
Presupuesto por m2 para el corte 2

Presupuesto para cada tipo de muro por m <sup>2</sup> – Corte 2	
Tipo de Muro	Costo del muro por m <sup>2</sup> (S/.)
Muro de Llantas	218.33
Muro de Pircas	207.88
Muro de Concreto	3159.74

Fuente (2021)

### 5.3.2 Para el análisis de resultados de slide v6.0

Para el corte 1 y 2, los tres muros (llantas, pircas y concreto) cumplen con el análisis estático y pseudo estático mediante los métodos precisos de Bishop simplificado, Spencer y Morgenstern Price.

Tabla 34  
Cuadro de resumen del análisis estático y pseudo estático del corte 1

		Muro de	Muro de	Muro de
		Llantas	Pircas	Concreto
Análisis Estático	Bishop Simplificado	1.982	2.105	2.199
	Spencer	1.981	2.105	2.201
	Morgenstern Price	1.985	2.105	2.201
Análisis Pseudo - Estático	Bishop Simplificado	1.334	1.389	1.420
	Spencer	1.357	1.420	1.448
	Morgenstern Price	1.357	1.411	1.444

Fuente (2021)

Tabla 35  
Cuadro de resumen del análisis estático y pseudo estático del corte 2

		Muro de	Muro de	Muro de
		Llantas	Pircas	Concreto
Análisis Estático	Bishop Simplificado	2.474	2.350	2.718
	Spencer	2.464	2.346	2.711
	Morgenstern Price	2.477	2.350	2.716
Análisis Pseudo - Estático	Bishop Simplificado	1.587	1.481	1.646
	Spencer	1.622	1.511	1.675
	Morgenstern Price	1.617	1.506	1.670

Fuente (2021)

## CONCLUSIONES

1. En la presente investigación se comparó dos tipos de muros de contención; muro de llantas y muro de pirca, en dos zonas diferentes, denominados corte 1 y corte2, mediante un pre dimensionamiento en una hoja de cálculo de Excel se realizó un análisis estático, a su vez se utilizó el programa Slide para realizar un análisis pseudo estático de los muros, obteniéndose como resultado factores de seguridad superiores al mínimo. Con respecto al análisis estático del corte 1 la mejor opción sería el muro de llantas debido a que predomina en dos de los tres factores de seguridad (deslizamiento y capacidad de carga) ver tabla 30, por otro lado, en el análisis pseudo estático la mejor alternativa sería el muro de pircas debido a que tiene mayor factor de seguridad en los tres métodos como se puede observar en la tabla 34, entonces se concluye que la mejor alternativa de contención es el muro de pirca debido a que en un análisis pseudo estático se le añade un coeficiente sísmico de 0.2g y esto implica mayor esfuerzo del muro. Acerca del corte 2 para el análisis estático la mejor alternativa es el muro de pirca, por el contrario del corte 1, para el análisis pseudo estático la mejor opción es el muro de llantas, por lo tanto, para el corte 2 el muro ideal es el de llantas. Como opción adicional se diseñó un muro de concreto que es el ideal para los dos cortes ya que sus factores de seguridad superan a los factores del muro de pirca y de llanta.
2. Con la ayuda del programa Slide se analizó mediante los métodos de Bishop simplificado, Spencer y Morgenstern Price el análisis pseudo estático. Para el corte 1 diseñado con muro de llantas el mayor factor de seguridad lo tiene Morgenstern Price con 1.985, en cambio para el muro de pircas, con el método de Spencer se obtiene un valor de 1.420 que resulta ser mayor a comparación de los otros métodos. En el corte 2 con el método de Spencer se obtiene mayor factor de seguridad para los dos muros de llantas y de pirca 1.622 y 1.511 respectivamente ver tabla 34 y tabla 35. Por lo tanto, el método de Spencer es el más adecuado para la estabilidad de los taludes en el corte 1 y corte2.

3. Se comparó económicamente el muro de pirca y muro de llantas, y se observó que el muro de llantas es la mejor alternativa para el corte 1 económicamente hablando. Con un valor de S/. 41.05 por metro cuadrado, menor que la opción de un muro de pircas. Y la mejor opción a nivel económico para el corte 2 sería un muro de pircas, con un valor de S/. 207.88 por metro cuadrado, menor que el muro de llantas. Como opción adicional se presentó un diseño de muro de concreto, el cual presenta un costo superior estimado en S/. 2702.73 por metro cuadrado para el corte 1 y S/. 3159.74 por metro cuadrado para el corte 2. (Ver anexo 5)

## RECOMENDACIONES

1. Debido a las características del proyecto, no se consideró la presencia de nivel freático para fines del desarrollo de la presente investigación. A fin de completar el estudio se recomienda realizar calicatas a mayor profundidad (mayor de 3m) para poder encontrar el terreno de fundación de los muros existentes. Así como también realizar más ensayos de laboratorio para ubicar el Nivel freático (NF) de la zona, así tener un estudio más exacto de la zona y evaluar cómo influye el NF.
2. Usar mortero o concreto para los muros de pircas, puesto que según los manuales de cierta manera no influye en el factor de seguridad, pero si ayuda a la vida útil del muro, previniendo el ingreso de animales o restos que afecten a lo largo del tiempo conservando su forma inicial.
3. En el caso que exista excavación y movimiento de tierras, considerar escoger el equipo adecuado estimando el tamaño del proyecto o corte a realizar, en la medida de que se alcance el nivel de cimentación del proyecto, verificar que el material encontrado cumpla con las condiciones contempladas en el diseño y en el caso de que se encuentre condiciones críticas de estabilidad de taludes, usar un sistema de construcción por dovelas.
4. Se debe tomar en cuenta que, para todo tipo de muro de contención, en este caso muros de llantas y de pircas, se emplee un sistema de drenaje para evitar el deterioro de la estructura.
5. Para futuras investigaciones se sugiere incluir un pre dimensionamiento en Ms Excel con análisis dinámico, puesto que para esta investigación se tuvo en cuenta sólo un análisis estático.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara, J. (2020). *Evaluación experimental del desempeño de muros de contención de piedra de junta seca usando especímenes a escala reducida*. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad católica del Perú, Perú.
- Antúnez, B. (2019). *Manual para la construcción y mantenimiento de muro de llantas*. Recuperado de [publications.iadb.org/publications/spanish/document/Manual\\_de\\_construcción\\_y\\_mantenimiento\\_de\\_muro\\_de\\_llantas\\_en\\_barrios\\_populares\\_de\\_Tegucigalpa\\_es.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Manual_de_construcción_y_mantenimiento_de_muro_de_llantas_en_barrios_populares_de_Tegucigalpa_es.pdf)
- Bernal, I. (20 de octubre de 2020), *Los efectos de los sismos en los tipos de suelo*. Diario Correo. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/opinion/los-efectos-de-los-sismos-en-los-tipos-de-suelo-noticia/>
- Borja, M. (2016). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Recuperado de [https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_Investigaci%C3%B3n\\_Cient%C3%ADfica\\_para\\_ingenier%C3%ADa\\_Civil](https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil)
- Canchari, C. (2018). *Diseño de muros de contención utilizando neumáticos reciclados en laderas de cerro del AA.HH. Ciudad de los Constructores, Distrito de San Juan de Lurigancho, Lima 2018*. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo. Perú.
- Criollo, J. y León, S. (2017). *Construcción y análisis de un modelo experimental de muro de contención, fabricado con llantas recicladas usando suelo in situ*. (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.
- Castro, E. (2019). *Evaluación de muros de contención para estabilización de taludes como propuesta ante la vulnerabilidad sísmica en el asentamiento humano Bellavista, distrito de Independencia, 2018*. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Perú.

- Cedex. (2010). *Ficha Técnica – Neumáticos fuera de uso (NFU) España*. Recuperado de <http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/8496201A-DDA1-43E1-BE04-D31F308A12E3/119956/NEUMATICOSFUERADEUSO1.pdf>
- Cueto, J. (2018). *Propuesta técnica para estabilizar talud con neumáticos reciclados, trocha carrozable Hualituna – Curva Gervasio – región Junín*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Los Andes. Perú.
- De Los Rios, D. (2008) *Estudio semi empírico de muros de piedra tipo pirca utilizados como cimentación de viviendas en AA. HH. de Lima Metropolitana*. (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma. Perú.
- Denegri, P. (2021). *Lomo de Corvina: el problema estructural de las invasiones*. *Diario El Comercio. Perú*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/lima/villa-el-salvador-lomo-de-corvina-el-problema-estructural-detras-de-las-invasiones-nczg-noticia/?ref=ecr>
- Das, B. M. (2012) *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones séptima edición*. Recuperado de <https://es.pdfdrive.com/ing-cimentaciones-braja-das-7ma-ed-d33998997.html>
- Donayre, O. (2015) *Tema 7: Estabilidad de taludes*. [Diapositiva de PowerPoint] Slideshare. <https://es.slideshare.net/DanielVegaRomero/estabilidad-de-taludes-48259841>
- González, J. y León, A. (2013). *Análisis cuantitativo de la estabilidad en taludes y laderas*. (Tesis de pregrado). Universidad de las Californias Internacionales, México.
- Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (2014) *Metodología de la Investigación 6ta edición*. México.
- Huanca, C. (2018). *Guía de ensayos de laboratorios de mecánica de suelos – UMSA*. Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/21959/EG-2224.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Instituto Nacional de Defensa Civil (2018). *Informe de estimación de riesgo para la gestión reactiva de en el AAHH. Lomo de Corvina (sector x - grupo 4) - Villa el Salvador*. Recuperado de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201804031512571.pdf>
- Jiménez, M. (2020). *Las licencias de edificación y las construcciones informales en la zona del quinto territorio en Villa el Salvador 2020*. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Perú, Perú.
- Juárez, E. y Rico, A. (1996). *Mecánica de suelos. Teoría y Aplicación de la Mecánica de Suelos - Tomo 2*. Recuperado de [https://www.academia.edu/38530678/Mec%C3%A1nica\\_de\\_suelos\\_Tomo\\_II\\_Eulalio\\_Ju%C3%A1rez\\_Badillo\\_y\\_Alfonso\\_Rico\\_Rodr%C3%ADguez](https://www.academia.edu/38530678/Mec%C3%A1nica_de_suelos_Tomo_II_Eulalio_Ju%C3%A1rez_Badillo_y_Alfonso_Rico_Rodr%C3%ADguez)
- Lambe, T. y Whitman, R. (2004). *Mecánica de suelos*. Recuperado de [https://www.academia.edu/36677655/Mecanica\\_de\\_Suelos\\_lambe](https://www.academia.edu/36677655/Mecanica_de_Suelos_lambe)
- Linares. N. (2020). *Propuesta teórica de muros con llantas de acuerdo con las características de los suelos de la región. caso de estudio: departamento de caldas*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Maguiña, W. (2019). *Caucho reciclado de llantas en la mezcla de Asfalto a Compresión para mejorar las Propiedades Mecánicas*. (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Perú.
- Matías, A. (2019). *Cada vez levantan más viviendas en los cerros vulnerables a deslizamientos*. Diario Correo. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/huancayo/cada-vez-se-levantan-mas-viviendas-en-los-cerros-vulnerables-deslizamientos-864256/>
- Medina L., Gómez D. y Benavente C. (2013) *Inspección técnica de peligros geológicos en Asentamientos Humanos del Sector Lomo de Corvina*. INGEMMET. Lima, Perú.

- Meruvia, M. (2016). *Proceso constructivo de muro de contención*. Recuperado de <https://prezi.com/y7xc1eds4iii/proceso-constructivo-de-muros-de-contencion/>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Perú.
- Montoya, A. (2009). *Confiabilidad en estabilidad de taludes*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Moran C., Alarcón C. y Alva C. (2019) *Pobreza y su influencia en el riesgo y daño familiar en un distrito de Lima, Perú: resultados por sectorización y atención primaria en salud*. Perú. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/332108256\\_Pobreza\\_y\\_su\\_influencia\\_en\\_el\\_riesgo\\_y\\_dano\\_familiar\\_en\\_un\\_distrito\\_de\\_Lima\\_Peru\\_resultados\\_por\\_sectorizacion\\_y\\_atencion\\_primaria\\_en\\_salud](https://www.researchgate.net/publication/332108256_Pobreza_y_su_influencia_en_el_riesgo_y_dano_familiar_en_un_distrito_de_Lima_Peru_resultados_por_sectorizacion_y_atencion_primaria_en_salud)
- Nader, J. (2018). *Viabilidad de muro de contención de gravedad mediante la utilización de llantas usadas*. (Tesis de pregrado). Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia.
- Nina, R. (2017). *Presión de tierra en muros rígidos sometidos a cargas sísmicas*. (Trabajo de fin de máster). Universidad Politécnica de Cartagena. Colombia.
- Obando T. (2009) *Sondeos Geotécnicos y Calicatas*. España. Recuperado de [https://www.academia.edu/4771193/Sondeos\\_Geot%C3%A9nicos\\_y\\_Calicatas\\_Por?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover\\_page](https://www.academia.edu/4771193/Sondeos_Geot%C3%A9nicos_y_Calicatas_Por?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page)
- Peña, C. (2018). *Muros de contención mediante la utilización de neumáticos desechados para alturas menores* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.
- Pineda, J. (2021) *Suelos Hambrientos Formados por Partículas de Rocas Disgregadas (Arenas) y otros Minerales*. Colombia. Recuperado de <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/suelos-arenosos/>

- Pleíades Ingeniería i Consultoría (2018) *Estudios geotécnicos*. Recuperado de <https://pleiadesic.com/es/estudios-geotecnicos-que-son-para-que-sirven-y-cuando-son-necesarios/>
- Quesada, L. (2017). *Determinación de la Capacidad de carga en cimentaciones superficiales sobre bases estratificadas en suelos friccionales*. (Tesis para pregrado) Universidad Central “Martha Abreu” de las Villas. Cuba.
- Ramos, J. (2018). *Riesgo sísmico en edificaciones autoconstruidas sobre suelos arenosos en el sector III del distrito de villa el salvador, 2017* (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Perú.
- Ramos, V. (2021). *Evaluación del riesgo sísmico de viviendas sobre pircas en un asentamiento humano en el distrito de Villa María del Triunfo*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- Rodríguez, (2016). *Estandarización de técnicas de diseño y construcción de muros de tierra reforzada con llantas de desecho* (Tesis de Maestría), Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Colombia.
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Recuperado de <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>
- Suárez, J. (2009). *Deslizamientos - Análisis Geotécnico. Bucaramanga, Colombia*: Publicaciones Universidad Industrial de Santander (UIS).
- Torres, P. (2016). *Estabilidad de taludes con neumáticos usados* (Tesis de pregrado). Universidad Santo Tomás, Bogotá D.C, Colombia.
- Ugalde K. (2015) *Alternativas para la estabilidad de taludes en el cantón de León Cortés. Proyecto para optar el grado de licenciatura*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

- Universidad Nacional de Ingeniería (2006). *Taller de mecánica de suelos - Corte Directo (Consolidado no drenado)*. UNI. Lima, Perú.
- Universidad Nacional de Ingeniería, Centro Peruano – japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres. (2011) *Informe – Microzonificación sísmica del distrito de Villa El Salvador*. Lima, Perú.
- Valiente R., Sobrecases S. y Díaz A. (2016) *Estabilidad de Taludes: Conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo*. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76781/taludes.pdf>
- Vargas J. (2020) *Trabajo de investigación – Exploración de suelos: Calicatas*. Universidad César Vallejo. Piura, Perú.
- Villacorta, S. (2011). *Asentamientos Humanos de la asociación Agropecuaria Industrial La Rinconada: Halcón Sagrado, ADV talleres artesanales, La Planicie, Nueva Jerusalén, 8 de enero, 8 de enero – Sector A y Bajo las Rocas, Distrito San Juan de Miraflores*. Recuperado de <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INGEMMET/Inspeccion%20ingeniero-geologica%20AAHH%20Asoc.%20Agropecuaria%20Industrial%20La%20Rinconada.pdf>
- Zanelli, C. (2019). *Evaluación de vulnerabilidad sísmica de pircas mediante modelación numérica en elementos discretos: aplicación al caso de las pircas en Carabayllo, Lima*. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

## ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Matriz de Consistencia de la Investigación				
Título	Problema	Objetivo	Hipótesis	Técnicas/ Instrumentos
<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENT O GEOTÉCNICO Y ALTERNATIVAS DE CONTENCIÓN DEL SUELO ARENOSO PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LOS LAURELES DE VILLA EL SALVADOR.</b>	<b>General</b>	<b>General</b>	<b>General</b>	<b>Técnica:</b>
	¿En qué medida un muro pirca frente a un muro de llantas será la mejor alternativa técnica – económica para la estabilización de taludes en los Laureles de Villa el Salvador?	Comparar entre el muro de pirca y muro de llantas los aspectos técnicos y económicos para la estabilización de taludes en Los Laureles de Villa el Salvador.	El muro de pirca es la mejor alternativa de contención a comparación del muro de llantas ya que presenta mejores resultados en los aspectos técnicos y económicos para la estabilización de taludes en Los Laureles de Villa el Salvador.	El tipo de investigación es Comparativa.
	<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	<b>Instrumentos:</b>
	¿Cuál es la mejor alternativa de contención en cuanto a los factores de seguridad para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa el Salvador?	Comparar el muro de pirca con el muro de llantas bajo los parámetros de factor de seguridad para la estabilización de taludes en Los Laureles de Villa el Salvador.	El muro de pircas presenta mejores resultados con respecto al factor de seguridad en relación al muro de llantas para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa el Salvador.	Norma técnica CE020, E050 el software SLIDE, AutoCad y hojas de cálculos.
¿Cuál es la mejor opción entre muro de llantas y muro de pircas como alternativa de contención en cuanto a los métodos Bishop, Fellenius y Spencer dentro del análisis de estabilidad de taludes en Los Laureles de Villa el Salvador usando el programa Slide?	Analizar en el programa Slide cuál es la mejor opción entre muro de llantas y muro de pircas como alternativa de contención en cuanto a los métodos Bishop, Morgenstem Price] y Spencer dentro del análisis de estabilidad de taludes en Los Laureles de Villa el Salvador.	El muro de llantas es la mejor opción bajo el método de Bishop para la estabilidad de taludes en Los Laureles de Villa El Salvador usando el programa Slide.		
¿Cuál es la mejor alternativa de contención más económica para la estabilización de taludes en Los Laureles de Villa el Salvador?	Comparar el muro de pirca y el muro de llantas en el aspecto económico para la estabilización de taludes en los Laureles de Villa el Salvador.	El muro de llantas es la mejor alternativa económica para la estabilización de taludes en los Laureles de Villa el Salvador.		

Fuente: Elaboración propia (2021)





**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

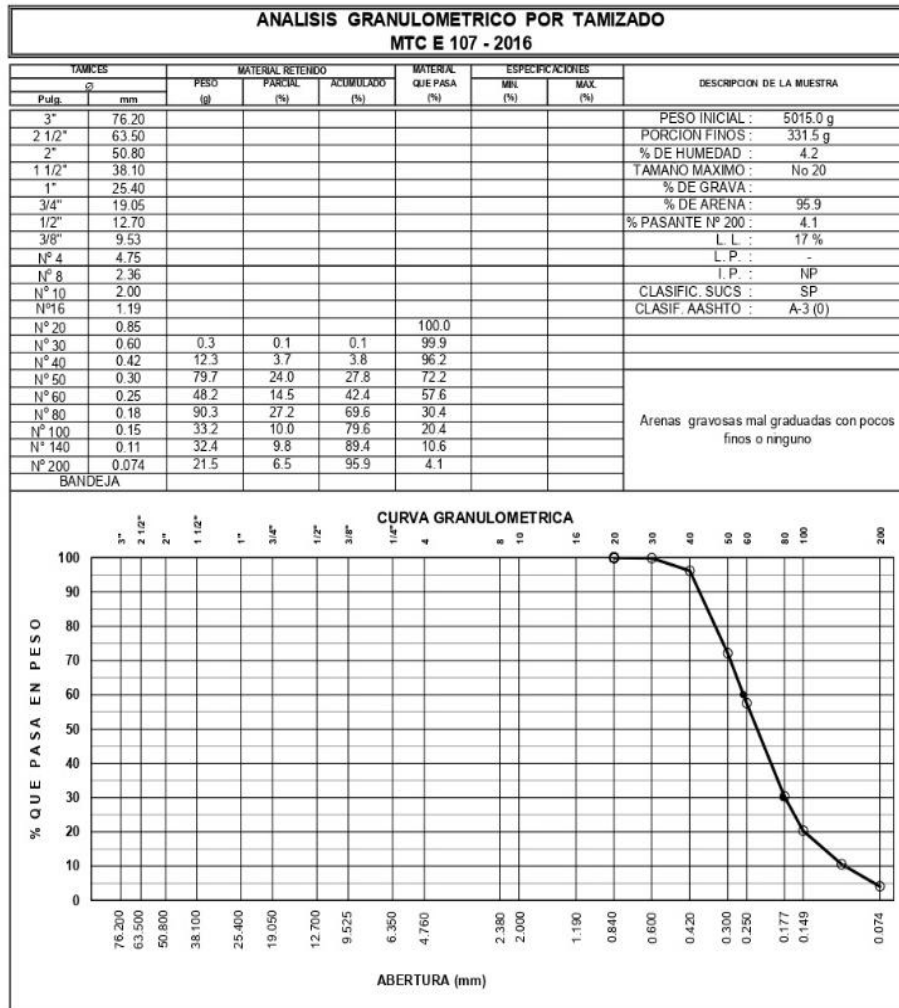
CALLE LAS PLEYADES 250 URB. LA CARMINA ZONA C/CMO (UNIDAD 9) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF: 61 681068

**INFORME DE ENSAYO N° 05756 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú  
 FECHA RECEPCION : 07/09/2021  
 FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021  
 TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo  
 ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán

PROGRESIVA : -  
 LADO : -  
 N° CALICATA : 1  
 MUESTRA : M 1  
 PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -



GR & ASOCIADOS S.A.

*Luis Fajardo Hidalgo*  
 LUIS FAJARDO HIDALGO  
 TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*Ricardo González Roldán*  
 RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
 INGENIERO CIVIL  
 CIR 62217

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLÉYADES 230 URB. LA CAMPAÑA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6941098

**INFORME DE ENSAYO N° 05756 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

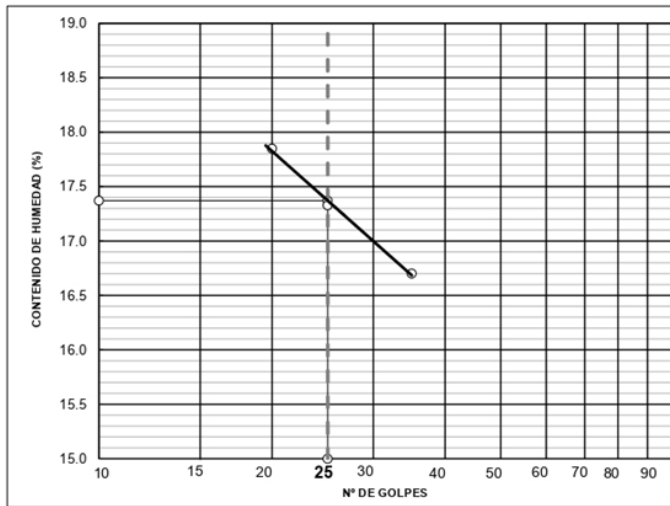
UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú  
 FECHA RECEPCION : 07/09/2021  
 FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021  
 TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo  
 ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán

PROGRESIVA : -  
 LADO : -  
 N° CALICATA : 1  
 MUESTRA : M 1  
 PROFUNDIDAD : 0.00-3.00

**LIMITES DE CONSISTENCIA PASANTE MALLA N° 40**

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS MTC E 110 - 2016				
NUMERO DE GOLPES, N	20	25	35	
N° DEL DEPOSITO	4	41	60	
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	14.78	15.37	14.01	
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	12.97	13.54	12.41	
PESO DEL AGUA (g)	1.81	1.83	1.60	
PESO DEL DEPOSITO (g)	2.83	2.98	2.83	
PESO DEL SUELO SECO (g)	10.14	10.56	9.58	
CONTENIDO DE AGUA (%)	17.85	17.33	16.70	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) MTC E 111 - 2016				
N° DEL DEPOSITO				
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)				
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)				
PESO DEL AGUA (g)				
PESO DEL DEPOSITO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE AGUA (%)	NP	NP		



L.L. = 17 %  
 L.P. = -  
 I.P. = NP

OBSERVACIONES:

GR & ASOCIADOS S.A.

*3/0*  
 LUIS FAJARDO HIDALGO  
 TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*RGR*  
 RICARDO ALFREDO GONZALEZ ROLDAN  
 INGENIERO CIVIL  
 CIR 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLÉYADES 230 URB. LA CAMPAÑA ZONA CNICO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6941068

**INFORME DE ENSAYO N° 05756 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú	PROGRESIVA : -
FECHA RECEPCION : 07/09/2021	LADO : -
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021	N° CALICATA : 1
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo	MUESTRA : M 1
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán	PROFUNDIDAD : 0.00-3.00

<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO MTC E 108 - 2016</b>		
N° RECIPIENTE	1	2
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (g)	5789.9	5595.2
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (g)	5561.9	5362.9
PESO DEL AGUA (g)	228.0	232.3
PESO DEL RECIPIENTE (g)	Peso recipiente = 0.00 g. Programado en balanza digital	
PESO DEL SUELO SECO (g)	5561.9	5362.9
HUMEDAD (%)	4.1	4.3
PROMEDIO (%)	4.2	

GR & ASOCIADOS S.A.

*Luis Fajardo Hidalgo*  
LUIS FAJARDO HIDALGO  
TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*Ricardo González Roldán*  
RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
INGENIERO CIVIL  
CIR 62217

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLEYADES 250 URB. LA CAMPIRA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6341062

**INFORME DE ENSAYO N° 05756 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú  
 FECHA RECEPCION : 07/09/2021  
 FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021  
 TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo  
 ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán

PROGRESIVA : -  
 LADO : -  
 N° CALICATA : 1  
 MUESTRA : M 1  
 PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

NTP 339.138	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO MÍNIMO DE SUELOS	
RESULTADO DE ENSAYO		
IDENTIFICACIÓN	PESO UNITARIO MÍNIMO NTP 339.138 (Tn/m3)	
Calicata C-01	1.517	

NTP 339.137	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO MÁXIMO DE SUELOS	
RESULTADO DE ENSAYO		
IDENTIFICACIÓN	PESO UNITARIO MÁXIMO NTP 339.137 (Tn/m3)	
Calicata C-01	1.726	

GR & ASOCIADOS S.A.

*3fo*  
 LUIS FAJARDO HIDALGO  
 TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*RGR*  
 RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
 INGENIERO CIVIL  
 CIR 62217

# LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES GR & ASOCIADOS S.A.

CALLE LAS PLEYADES 250 URB. LA CAMPESINA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6341046

## INFORME DE ENSAYO N° 05756 - 09-2021

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú	PROGRESIVA : -
FECHA RECEPCION : 07/09/2021	LADO : -
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021	N° CALICATA : 1
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo	MUESTRA : M 1
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán	PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

ASTM D 3080	CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO				
Clasificación SUCS (ASTM D 2487)	--	Límite Líquido (ASTM D 4318) (%)	--	--
Clasificación Obras Viales (ASTM D 3282)	--	Índice Plástico (ASTM D 4318) (%)	--	--
Tamaño Máximo (mm) (NTP 400.012)	--	Mat. más Fino N° 200 (ASTM D 1140) (%)	--	--
Consistencia (Suelo Fino) (NTP 339.150)	--	Cementación (Suelo Grueso) (NTP 339.150)	--	--
CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPÉCIMENES DE ENSAYO				
DESCRIPCIÓN	49,0 kPa	98,1 kPa	196,1 kPa	
Diámetro (cm)	6.358	6.358	6.358	
Área (cm <sup>2</sup> )	31.75	31.75	31.75	
Altura Inicial (cm)	2.50	2.50	2.50	
Altura Final (cm)	2.37	2.35	2.33	
Volumen Inicial (cm <sup>3</sup> )	79.38	79.38	79.38	
Volumen Final (cm <sup>3</sup> )	75.36	74.63	74.08	
Relación Diámetro / Altura (D/H)	2.543	2.543	2.543	
Condición de la Estructura del suelo	REMOLDEADA			
Peso Húmedo Inicial (g)	139.5	139.5	139.5	
Peso Húmedo Final (g)	181.9	172.8	170.0	
Peso Seco (g)	134.2	134.2	134.2	
Humedad Inicial (%)	4.0	4.0	4.0	
Humedad Final (%)	35.6	28.8	26.7	
Densidad Húmeda Inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.758	1.758	1.758	
Densidad Húmeda Final (g/cm <sup>3</sup> )	2.414	2.316	2.295	
Densidad Seca Inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.690	1.690	1.690	
Densidad Seca Final (g/cm <sup>3</sup> )	1.780	1.798	1.811	

GR & ASOCIADOS S.A.

*3/0*  
LUIS FAJARDO HIDALGO  
TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*RGR*  
RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
INGENIERO CIVIL  
CIR. 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS FLEVADES 230 URB. LA CAMPIÑA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 8541068

**INFORME DE ENSAYO N° 05756 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú  
FECHA RECEPCION : 07/09/2021  
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021  
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo  
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán

PROGRESIVA : -  
LADO : -  
N° CALICATA : 1  
MUESTRA : M 1  
PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

<b>ASTM D 3080</b>	<b>CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS</b>
--------------------	---

ESFUERZO NORMAL	49,0 kPa		98,1 kPa		196,1 kPa	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Etapas						
Altura (cm)	2.50	2.37	2.50	2.35	2.50	2.33
Volumen (cm <sup>3</sup> )	79.38	75.36	79.38	74.63	79.38	74.08
Humedad (%)	4.0	35.6	4.0	28.8	4.0	26.7
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.690	1.780	1.690	1.798	1.690	1.811
Esfuerzo Corte (kPa)	27.2		56.3		104.3	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 49,0 kPa				ESFUERZO NORMAL 98,1 kPa				ESFUERZO NORMAL 196,1 kPa			
	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)
0.00	0.351	0.0	0.0	0.0	0.439	0.0	0.0	0.0	0.505	0.0	0.0	0.0
0.50	0.630	3.4	1.5	4.8	0.536	7.3	3.3	10.5	0.611	15.0	6.8	21.5
1.00	0.765	7.4	3.4	10.6	0.637	16.0	7.2	22.8	0.722	33.1	15.0	47.2
1.50	0.894	9.9	4.5	14.2	0.719	21.3	9.7	30.4	0.813	43.4	19.7	62.0
2.00	0.968	11.6	5.3	16.6	0.799	29.3	13.3	41.8	0.901	56.4	25.6	80.5
2.50	1.034	12.6	5.7	18.0	0.867	31.5	14.3	45.1	0.975	59.3	26.9	84.7
3.00	1.082	15.1	6.9	21.6	0.944	35.8	16.2	51.2	1.061	63.5	28.8	90.7
3.50	1.140	16.9	7.7	24.1	1.003	37.1	16.8	52.9	1.125	68.6	31.1	98.1
4.00	1.171	17.9	8.1	25.6	1.090	38.2	17.3	54.6	1.221	72.1	32.7	102.9
4.50	1.194	18.5	8.4	26.4	1.146	39.3	17.8	56.2	1.283	72.2	32.8	103.2
5.00	1.217	18.9	8.6	27.0	1.199	39.4	17.9	56.3	1.341	73.0	33.1	104.3
5.50	1.235	19.1	8.6	27.2	1.243	39.3	17.8	56.2	1.390	72.7	33.0	103.9
6.00	1.242	19.0	8.6	27.1	1.324	39.0	17.7	55.6	1.478	72.9	33.1	104.1
6.50	1.253	18.8	8.5	26.9	1.381	38.6	17.5	55.1	1.541	72.5	32.9	103.5
7.00	1.257	18.5	8.4	26.4	1.428	38.2	17.3	54.6	1.592	72.1	32.7	103.1
7.50	1.262	17.6	8.0	25.2	1.456	36.1	16.4	51.6	1.623	72.0	32.6	102.8
8.00	1.264	17.3	7.8	24.7	1.475	35.6	16.2	50.9	1.645	71.6	32.5	102.2
8.50	1.264	17.0	7.7	24.2	1.489	34.8	15.8	49.7	1.660	71.2	32.3	101.8
9.00	1.264	16.5	7.5	23.6	1.495	34.4	15.6	49.1	1.666	70.8	32.1	101.2
9.50	1.264	16.0	7.2	22.8	1.497	34.2	15.5	48.9	1.669	70.2	31.9	100.3
10.00	1.264	15.1	6.9	21.6	1.497	33.9	15.4	48.5	1.669	69.3	31.4	99.0
10.50	1.270	14.3	6.5	20.4	1.501	33.4	15.2	47.8	1.679	69.1	31.3	98.7
11.00	1.270	14.5	6.6	20.8	1.504	33.1	15.0	47.2	1.681	68.7	31.2	98.2
11.50	1.273	13.9	6.3	19.8	1.506	32.6	14.8	46.6	1.684	67.6	30.7	96.6
12.00	1.273	13.7	6.2	19.6	1.509	32.3	14.7	46.1	1.684	67.6	30.7	96.6

GR & ASOCIADOS S.A.

*Luis Fajardo Hidalgo*  
LUIS FAJARDO HIDALGO  
TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*Ricardo González Roldán*  
RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
INGENIERO CIVIL  
DIR. 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)

# LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GR & ASOCIADOS S.A.

CALLE LAS PLEYADES 250 URB. LA CAMPA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6341082

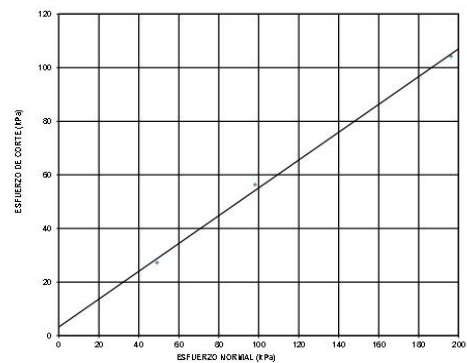
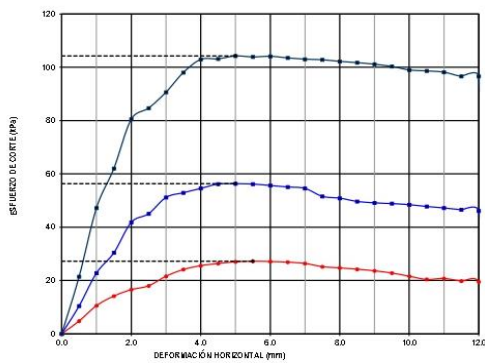
## INFORME DE ENSAYO N° 05756 - 09-2021

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú  
FECHA RECEPCION : 07/09/2021  
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021  
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo  
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán

PROGRESIVA : -  
LADO : -  
N° CALICATA : 1  
MUESTRA : M 1  
PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

### ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS



RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kPa)	3.26	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	27.2
COHESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	0.03		

GR & ASOCIADOS S.A.

*Luis Fajardo Hidalgo*  
LUIS FAJARDO HIDALGO  
TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*Ricardo González Roldán*  
RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
INGENIERO CIVIL  
CIR. 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)

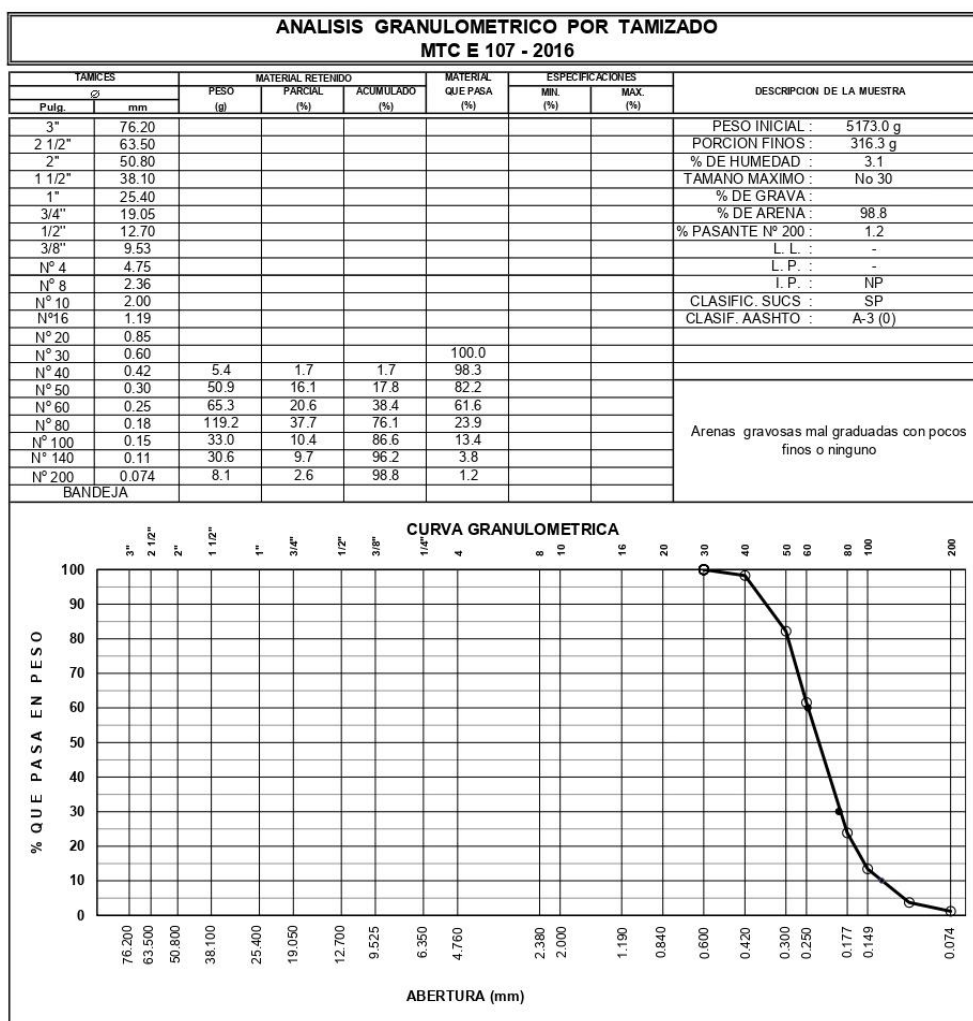
# LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES GR & ASOCIADOS S.A.

CALLE LAS PLEYADES 290 URB. LA CAMPINA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6341065

## INFORME DE ENSAYO N° 05757 - 09-2021

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú	PROGRESIVA : -
FECHA RECEPCION : 07/09/2021	LADO : -
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021	N° CALICATA : 2
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo	MUESTRA : M 1
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán	PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -



<p>GR &amp; ASOCIADOS S.A.</p> <p><i>Luis Fajardo</i></p> <p>LUIS FAJARDO HIDALGO TEC. LABORATORIO</p>	<p>GR &amp; ASOCIADOS S.A.</p> <p><i>Ricardo González</i></p> <p>RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDAN INGENIERO CIVIL CIR 62317</p>
--	--



# LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLÉYADES 230 URB. LA CAMPESINA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6341088

## INFORME DE ENSAYO N° 05757 - 09-2021

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú	PROGRESIVA : -
FECHA RECEPCION : 07/09/2021	LADO : -
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021	N° CALICATA : 2
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo	MUESTRA : M 1
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán	PROFUNDIDAD : 0.00-3.00

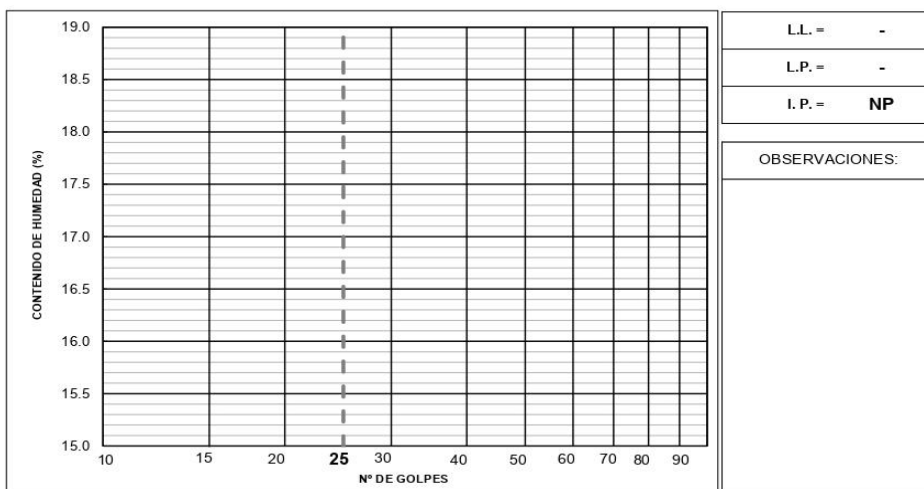
### LIMITES DE CONSISTENCIA PASANTE MALLA N° 40

#### DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS MTC E 110 - 2016

NUMERO DE GOLPES, N					
N° DEL DEPOSITO					
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)					
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)					
PESO DEL AGUA (g)					
PESO DEL DEPOSITO (g)					
PESO DEL SUELO SECO (g)					
CONTENIDO DE AGUA (%)	-	-	-		

#### DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) MTC E 111 - 2016

N° DEL DEPOSITO					
N° DEL DEPOSITO					
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)					
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)					
PESO DEL AGUA (g)					
PESO DEL DEPOSITO (g)					
PESO DEL SUELO SECO (g)					
CONTENIDO DE AGUA (%)	NP	NP			



GR & ASOCIADOS S.A.

*3/0*  
.....  
**LUIS FAJARDO HIDALGO**  
TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*RGR*  
.....  
**RICARDO ALFREDO GONZALEZ ROLDAN**  
INGENIERO CIVIL  
DIR 62217

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLÉYADES 230 URB. LA CAMPESÍA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6941068

**INFORME DE ENSAYO N° 05757 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú	PROGRESIVA : -
FECHA RECEPCION : 07/09/2021	LADO : -
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021	N° CALICATA : 2
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo	MUESTRA : M 1
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán	PROFUNDIDAD : 0.00-3.00

<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO MTC E 108 - 2016</b>		
N° RECIPIENTE	1	2
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (g)	5545.6	5620.3
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (g)	5373.6	5451.9
PESO DEL AGUA (g)	172.0	168.4
PESO DEL RECIPIENTE (g)	Peso recipiente = 0.00 g. Programado en balanza digital	
PESO DEL SUELO SECO (g)	5373.6	5451.9
HUMEDAD (%)	3.2	3.1
PROMEDIO (%)	3.1	

GR & ASOCIADOS S.A.

*3/0*  
.....  
LUIS FAJARDO HIDALGO  
TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*RGR*  
.....  
RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
INGENIERO CIVIL  
DIR 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAB PLEYADES 250 URB. LA CAMPIRA ZONA CINCO (UNIDAD 8) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6241066

**INFORME DE ENSAYO N° 05757 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú	PROGRESIVA : -
FECHA RECEPCION : 07/09/2021	LADO : -
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021	N° CALICATA : 2
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo	MUESTRA : M 1
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán	PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

NTP 339.138	<b>MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO MÍNIMO DE SUELOS</b>
-------------	---

RESULTADO DE ENSAYO	
IDENTIFICACIÓN	PESO UNITARIO MÍNIMO NTP 339.138 (Tn/m3)
Calicata C-02	1.427

NTP 339.137	<b>MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO MÁXIMO DE SUELOS</b>
-------------	---

RESULTADO DE ENSAYO	
IDENTIFICACIÓN	PESO UNITARIO MÁXIMO NTP 339.137 (Tn/m3)
Calicata C-02	1.624

GR & ASOCIADOS S.A.

*3/0*  
.....  
LUIS FAJARDO HIDALGO  
TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*RGR*  
.....  
RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
INGENIERO CIVIL  
CIR 62217

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLEYADES 210 URB. LA CAMPIRA ZONA CINCO (UNIDAD 9) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6341065

**INFORME DE ENSAYO N° 05757 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú  
FECHA RECEPCION : 07/09/2021  
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021  
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo  
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán

PROGRESIVA : -  
LADO : -  
N° CALICATA : 2  
MUESTRA : M 1  
PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

ASTM D 3080		CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO					
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487)	--	Límite Líquido	(ASTM D 4318)	(%)
Clasificación Obras Viales	(ASTM D 3282)	--	Índice Plástico	(ASTM D 4318)	(%)
Tamaño Máximo (mm)	(NTP 400.012)	--	Mat. más Fino N° 200	(ASTM D 1140)	(%)
Consistencia (Suelo Fino)	(NTP 339.150)	--	Cementación (Suelo Grueso)	(NTP 339.150)	--
CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPÉCIMENES DE ENSAYO					
DESCRIPCIÓN		49,0 kPa	98,1 kPa	196,1 kPa	
Diámetro	(cm)	6.358	6.358	6.358	
Área	(cm <sup>2</sup> )	31.75	31.75	31.75	
Altura Inicial	(cm)	2.50	2.50	2.50	
Altura Final	(cm)	2.38	2.36	2.31	
Volumen Inicial	(cm <sup>3</sup> )	79.38	79.38	79.38	
Volumen Final	(cm <sup>3</sup> )	75.71	74.78	73.44	
Relación Diámetro / Altura	(D/H)	2.543	2.543	2.543	
Condición de la Estructura del suelo		REMOLDEADA			
Peso Húmedo Inicial	(g)	129.9	129.9	129.9	
Peso Húmedo Final	(g)	169.8	161.2	158.3	
Peso Seco	(g)	126.1	126.1	126.1	
Humedad Inicial	(%)	3.0	3.0	3.0	
Humedad Final	(%)	34.6	27.8	25.5	
Densidad Húmeda Inicial	(g/cm <sup>3</sup> )	1.637	1.637	1.637	
Densidad Húmeda Final	(g/cm <sup>3</sup> )	2.243	2.156	2.156	
Densidad Seca Inicial	(g/cm <sup>3</sup> )	1.589	1.589	1.589	
Densidad Seca Final	(g/cm <sup>3</sup> )	1.666	1.687	1.718	

GR & ASOCIADOS S.A.

*Luis Fajardo Hidalgo*  
LUIS FAJARDO HIDALGO  
TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*Ricardo Alfredo González Roldán*  
RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
INGENIERO CIVIL  
DIR. 62217

# LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS FLEYADES 230 URB. LA CAMPINA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TEL.: 01 6241066

## INFORME DE ENSAYO N° 05757 - 09-2021

**PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".**

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú  
 FECHA RECEPCION : 07/09/2021  
 FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021  
 TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo  
 ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán

PROGRESIVA : -  
 LADO : -  
 N° CALICATA : 2  
 MUESTRA : M 1  
 PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

<b>ASTM D 3080</b>	<b>CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS</b>
--------------------	---

ESFUERZO NORMAL	49,0 kPa		98,1 kPa		196,1 kPa	
Etapa	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (cm)	2.50	2.38	2.50	2.36	2.50	2.31
Volumen (cm <sup>3</sup> )	79.38	75.71	79.38	74.78	79.38	73.44
Humedad (%)	3.0	34.6	3.0	27.8	3.0	25.5
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.589	1.666	1.589	1.687	1.589	1.718
Esfuerzo Corte (kPa)	24.9		52.4		97.7	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 49,0 kPa				ESFUERZO NORMAL 98,1 kPa				ESFUERZO NORMAL 196,1 kPa			
	Desplaz Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)
0.00	0.472	0.0	0.0	0.0	0.523	0.0	0.0	0.0	0.536	0.0	0.0	0.0
0.50	0.533	4.1	1.9	5.9	0.572	16.7	7.6	23.8	0.605	24.4	11.1	34.9
1.00	0.592	9.8	4.4	14.0	0.666	21.5	9.8	30.7	0.699	34.8	15.8	49.8
1.50	0.663	13.7	6.2	19.5	0.752	29.6	13.4	42.3	0.800	49.3	22.4	70.4
2.00	0.693	15.8	7.1	22.5	0.844	34.2	15.5	48.8	0.874	58.6	26.6	83.7
2.50	0.752	16.9	7.7	24.2	0.927	35.3	16.0	50.5	0.949	64.2	29.1	91.7
3.00	0.782	17.4	7.9	24.8	1.008	35.8	16.2	51.1	1.044	66.0	30.0	94.3
3.50	0.856	17.4	7.9	24.8	1.069	36.1	16.4	51.6	1.132	67.1	30.4	95.8
4.00	0.908	17.4	7.9	24.9	1.141	36.7	16.6	52.4	1.262	67.8	30.8	96.9
4.50	0.945	17.4	7.9	24.8	1.201	36.5	16.5	52.1	1.369	68.3	31.0	97.5
5.00	0.982	17.3	7.9	24.7	1.265	36.0	16.3	51.4	1.448	68.4	31.0	97.7
5.50	1.015	17.1	7.8	24.5	1.333	35.7	16.2	51.0	1.525	68.2	30.9	97.5
6.00	1.051	17.1	7.7	24.4	1.358	34.8	15.8	49.8	1.593	67.9	30.8	96.9
6.50	1.080	16.7	7.6	23.9	1.372	34.4	15.6	49.1	1.669	67.7	30.7	96.7
7.00	1.105	16.2	7.4	23.2	1.396	34.0	15.4	48.5	1.730	67.3	30.5	96.2
7.50	1.127	15.8	7.2	22.6	1.411	33.4	15.2	47.7	1.783	67.1	30.4	95.8
8.00	1.138	15.6	7.1	22.3	1.426	32.9	14.9	47.1	1.828	66.6	30.2	95.1
8.50	1.146	15.5	7.0	22.1	1.438	32.7	14.8	46.7	1.852	66.1	30.0	94.5
9.00	1.151	15.3	6.9	21.9	1.447	32.4	14.7	46.3	1.869	65.6	29.8	93.8
9.50	1.153	15.1	6.8	21.6	1.454	32.0	14.5	45.8	1.885	64.4	29.2	92.0
10.00	1.156	14.9	6.7	21.2	1.460	31.4	14.2	44.8	1.895	64.2	29.1	91.7
10.50	1.156	14.8	6.7	21.1	1.461	31.3	14.2	44.7	1.905	64.1	29.1	91.5
11.00	1.158	14.7	6.7	21.0	1.463	31.0	14.0	44.2	1.908	63.8	28.9	91.2
11.50	1.161	14.7	6.6	20.9	1.466	31.0	14.1	44.3	1.910	63.6	28.9	90.9
12.00	1.163	14.4	6.5	20.6	1.466	31.0	14.0	44.2	1.910	63.4	28.8	90.6

GR & ASOCIADOS S.A.

*3/0*  
 LUIS FAJARDO HIDALGO  
 TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*RGR*  
 RICARDO ALFREDO GONZALEZ ROLDAN  
 INGENIERO CIVIL  
 CIR 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLEYADES 250 URB. LA CAMPIRA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6341048

**INFORME DE ENSAYO N° 05757 - 09-2021**

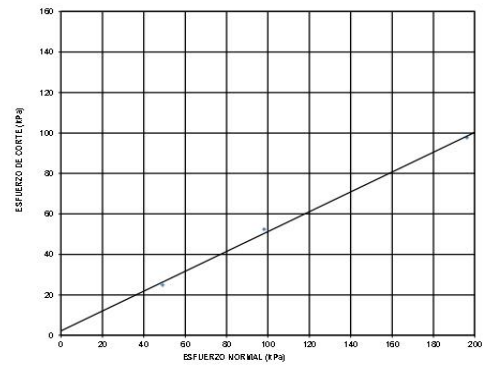
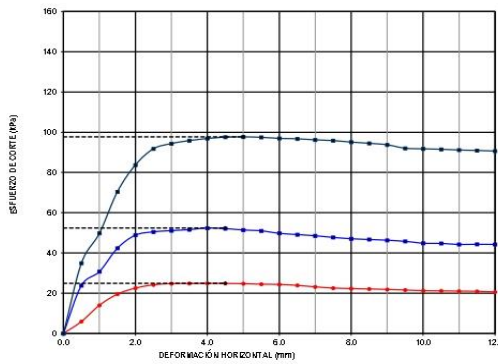
PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú  
 FECHA RECEPCION : 07/09/2021  
 FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021  
 TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo  
 ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán

PROGRESIVA : -  
 LADO : -  
 N° CALICATA : 2  
 MUESTRA : M 1  
 PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

ASTM D 3080

**CORTE DIRECTO DE SUELOS  
BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**



**RESULTADOS DE ENSAYO**

COHESIÓN (kPa)	2.24	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	26.1
COHESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	0.02		

GR & ASOCIADOS S.A.

*Luis Fajardo Hidalgo*  
 LUIS FAJARDO HIDALGO  
 TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*Ricardo González Roldán*  
 RICARDO ALFREDO GONZALEZ ROLDAN  
 INGENIERO CIVIL  
 CIR 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)

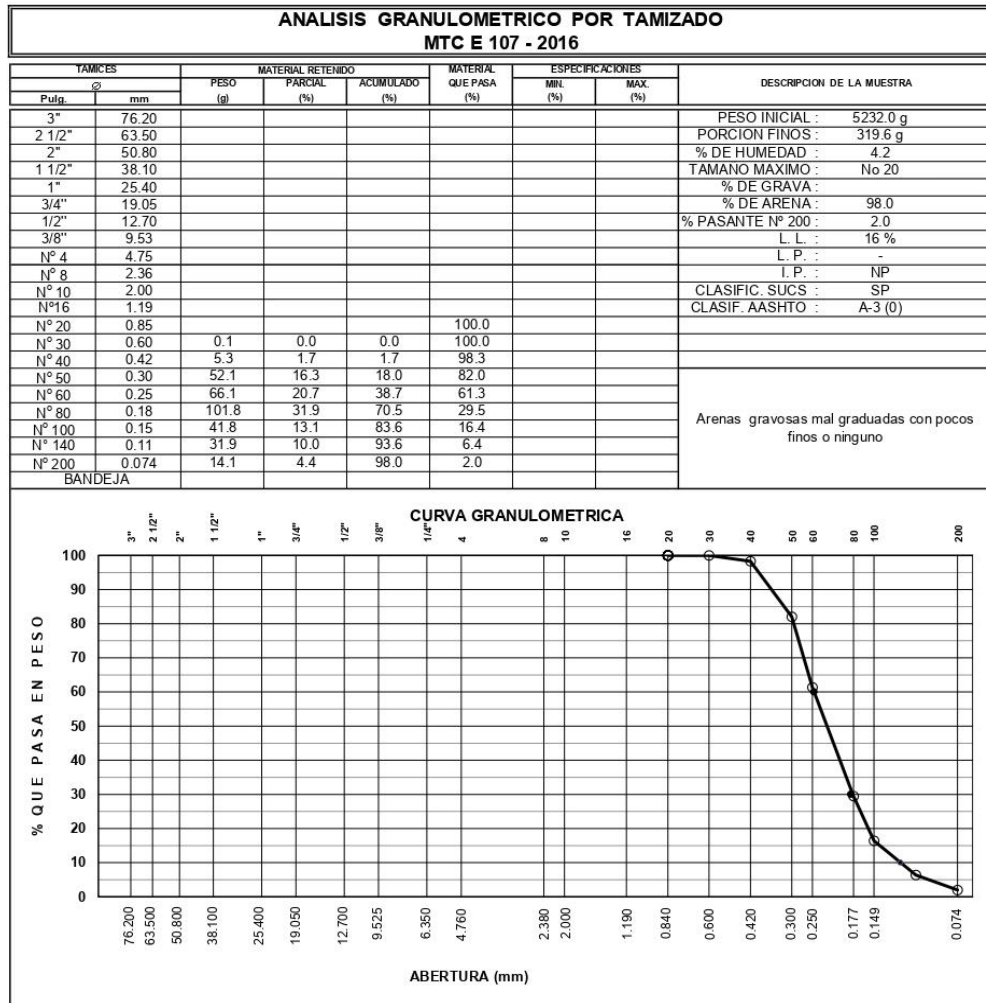
# LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES GR & ASOCIADOS S.A.

CALLE LAS PLEYADES 230 URB. LA CAMPIÑA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 641066

## INFORME DE ENSAYO N° 05758 - 09-2021

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú	PROGRESIVA : -
FECHA RECEPCION : 07/09/2021	LADO : -
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021	N° CALICATA : 3
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo	MUESTRA : M 1
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán	PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -



GR & ASOCIADOS S.A.

GR & ASOCIADOS S.A.

LUIS FAJARDO HIDALGO  
 TEC. LABORATORIO

RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
 INGENIERO CIVIL  
 DIR 62217

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLÉYADES 230 URB. LA CAMPIÑA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6941068

### INFORME DE ENSAYO N° 05758 - 09-2021

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú	PROGRESIVA : -
FECHA RECEPCION : 07/09/2021	LADO : -
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021	N° CALICATA : 3
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo	MUESTRA : M 1
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán	PROFUNDIDAD : 0.00-3.00

#### LIMITES DE CONSISTENCIA PASANTE MALLA N° 40

##### DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

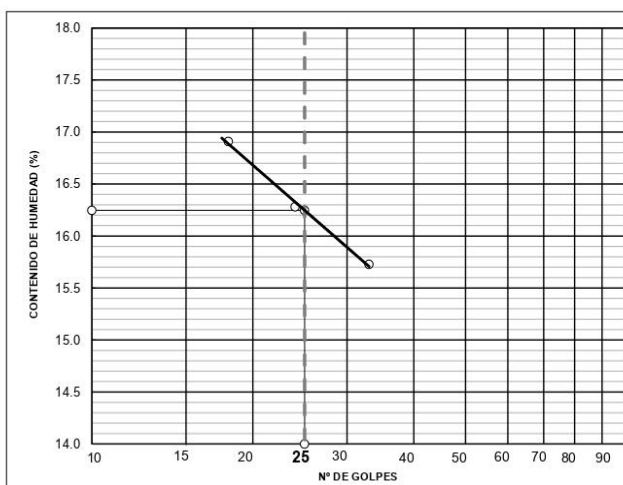
**MTC E 110 - 2016**

NUMERO DE GOLPES, N	18	24	33		
N° DEL DEPOSITO	60	57	18		
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	15.62	15.72	14.91		
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	13.77	13.89	13.29		
PESO DEL AGUA (g)	1.85	1.83	1.62		
PESO DEL DEPOSITO (g)	2.83	2.65	2.99		
PESO DEL SUELO SECO (g)	10.94	11.24	10.30		
CONTENIDO DE AGUA (%)	16.91	16.28	15.73		

##### DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

**MTC E 111 - 2016**

N° DEL DEPOSITO					
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)					
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)					
PESO DEL AGUA (g)					
PESO DEL DEPOSITO (g)					
PESO DEL SUELO SECO (g)					
CONTENIDO DE AGUA (%)	NP	NP			



L.L. = **16 %**

L.P. = -

I.P. = **NP**

OBSERVACIONES:

GR & ASOCIADOS S.A.

GR & ASOCIADOS S.A.

3/0  
LUIS FAJARDO HIDALGO  
TEC. LABORATORIO

RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
INGENIERO CIVIL  
CIR 62217



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLÉYADES 230 URB. LA CAMPAÑA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6941068

**INFORME DE ENSAYO N° 05758 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú	PROGRESIVA : -
FECHA RECEPCION : 07/09/2021	LADO : -
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021	N° CALICATA : 3
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo	MUESTRA : M 1
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán	PROFUNDIDAD : 0.00-3.00

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO MTC E 108 - 2016		
N° RECIPIENTE	1	2
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (g)	5755.5	5677.8
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (g)	5518.2	5451.0
PESO DEL AGUA (g)	237.3	226.8
PESO DEL RECIPIENTE (g)	Peso recipiente = 0.00 g Programado en balanza digital	
PESO DEL SUELO SECO (g)	5518.2	5451.0
HUMEDAD (%)	4.3	4.2
PROMEDIO (%)	4.2	

GR & ASOCIADOS S.A.	GR & ASOCIADOS S.A.
	
LUIS FAJARDO HIDALGO TEC. LABORATORIO	RICARDO ALFREDO GONZALEZ ROLDAN INGENIERO CIVIL CIP 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLEYADES 250 URB. LA CAMPIRA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6341065

**INFORME DE ENSAYO N° 05758 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú	PROGRESIVA : -
FECHA RECEPCION : 07/09/2021	LADO : -
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021	N° CALICATA : 3
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo	MUESTRA : M 1
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán	PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

NTP 339.138	<b>MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO MÍNIMO DE SUELOS</b>
-------------	---

RESULTADO DE ENSAYO	
IDENTIFICACIÓN	PESO UNITARIO MÍNIMO NTP 339.138 (Tn/m <sup>3</sup> )
Calicata C-03	1.449

NTP 339.137	<b>MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO MÁXIMO DE SUELOS</b>
-------------	---

RESULTADO DE ENSAYO	
IDENTIFICACIÓN	PESO UNITARIO MÁXIMO NTP 339.137 (Tn/m <sup>3</sup> )
Calicata C-03	1.638

GR & ASOCIADOS S.A.

*Luis Fajardo Hidalgo*  
.....  
LUIS FAJARDO HIDALGO  
TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*Ricardo González Roldán*  
.....  
RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
INGENIERO CIVIL  
DIR. 62217

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLEYADES 250 URB. LA CAMPINA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS T.L.F.: 01 6341058

**INFORME DE ENSAYO N° 05758 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú  
FECHA RECEPCION : 07/09/2021  
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021  
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo  
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán

PROGRESIVA : -  
LADO : -  
N° CALICATA : 3  
MUESTRA : M 1  
PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

<b>ASTM D 3080</b>	<b>CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS</b>
--------------------	---

DESCRIPCIÓN DEL SUELO						
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487)	--	Límite Líquido	(ASTM D 4318)	(%)	--
Clasificación Obras Viales	(ASTM D 3282)	--	Índice Plástico	(ASTM D 4318)	(%)	--
Tamaño Máximo (mm)	(NTP 400.012)	--	Mat. más Fino N° 200	(ASTM D 1140)	(%)	--
Consistencia (Suelo Fino)	(NTP 339.150)	--	Cementación (Suelo Grueso)	(NTP 339.150)		--

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPÉCIMENES DE ENSAYO				
DESCRIPCIÓN		49,0 kPa	98,1 kPa	196,1 kPa
Diámetro	(cm)	6.358	6.358	6.358
Área	(cm <sup>2</sup> )	31.75	31.75	31.75
Altura Inicial	(cm)	2.50	2.50	2.50
Altura Final	(cm)	2.41	2.38	2.36
Volumen Inicial	(cm <sup>3</sup> )	79.38	79.38	79.38
Volumen Final	(cm <sup>3</sup> )	76.41	75.69	75.00
Relación Diámetro / Altura	(D/H)	2.543	2.543	2.543
Condición de la Estructura del suelo		REMOLDEADA		
Peso Húmedo Inicial	(g)	132.0	132.0	132.0
Peso Húmedo Final	(g)	170.1	166.6	163.4
Peso Seco	(g)	127.3	127.3	127.3
Humedad Inicial	(%)	3.7	3.7	3.7
Humedad Final	(%)	33.6	30.9	28.4
Densidad Húmeda Inicial	(g/cm <sup>3</sup> )	1.663	1.663	1.663
Densidad Húmeda Final	(g/cm <sup>3</sup> )	2.225	2.201	2.179
Densidad Seca Inicial	(g/cm <sup>3</sup> )	1.604	1.604	1.604
Densidad Seca Final	(g/cm <sup>3</sup> )	1.666	1.682	1.697

GR & ASOCIADOS S.A.

*Luis Fajardo Hidalgo*  
LUIS FAJARDO HIDALGO  
TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*Ricardo Alfredo González Roldán*  
RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
INGENIERO CIVIL  
DIR. 62217

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS FLEYADER 230 URB. LA CAMPESINA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TEL.: 01 541066

**INFORME DE ENSAYO N° 05758 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú  
 FECHA RECEPCION : 07/09/2021  
 FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021  
 TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo  
 ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán

PROGRESIVA : -  
 LADO : -  
 N° CALICATA : 3  
 MUESTRA : M 1  
 PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

<b>ASTM D 3080</b>	<b>CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS</b>
--------------------	---

ESFUERZO NORMAL		49,0 kPa		98,1 kPa		196,1 kPa	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	(cm)	2.50	2.41	2.50	2.38	2.50	2.36
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	79.38	76.41	79.38	75.69	79.38	75.00
Humedad	(%)	3.7	33.6	3.7	30.9	3.7	28.4
Densidad Seca	(g/cm <sup>3</sup> )	1.604	1.666	1.604	1.682	1.604	1.697
Esfuerzo Corte	(kPa)	25.3		47.3		95.6	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 49,0 kPa				ESFUERZO NORMAL 98,1 kPa				ESFUERZO NORMAL 196,1 kPa			
	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)
0.00	0.572	0.0	0.0	0.0	0.704	0.0	0.0	0.0	0.838	0.0	0.0	0.0
0.50	0.614	2.2	1.0	3.1	0.755	8.5	3.9	12.1	0.898	17.6	8.0	25.1
1.00	0.644	7.8	3.5	11.1	0.779	21.7	9.8	31.0	0.977	37.1	16.8	52.9
1.50	0.679	12.7	5.8	18.2	0.820	26.5	12.0	37.9	1.013	41.9	19.0	59.9
2.00	0.707	15.1	6.9	21.6	0.878	30.5	13.8	43.6	1.051	57.5	26.1	82.2
2.50	0.738	16.4	7.5	23.5	0.907	31.5	14.3	45.0	1.080	60.5	27.4	86.4
3.00	0.748	16.8	7.6	24.1	0.951	31.9	14.5	45.6	1.113	62.4	28.3	89.1
3.50	0.767	16.9	7.7	24.1	1.002	32.0	14.5	45.7	1.139	65.1	29.5	93.0
4.00	0.787	17.5	7.9	25.0	1.028	33.1	15.0	47.3	1.193	66.3	30.1	94.7
4.50	0.815	17.7	8.0	25.3	1.061	32.8	14.9	46.9	1.211	66.9	30.3	95.6
5.00	0.834	17.6	8.0	25.1	1.086	33.0	15.0	47.1	1.239	66.5	30.2	96.0
5.50	0.845	17.5	7.9	25.0	1.103	32.6	14.8	46.6	1.271	66.3	30.1	94.7
6.00	0.862	17.3	7.8	24.7	1.114	32.1	14.6	45.9	1.291	65.7	29.8	93.9
6.50	0.878	17.4	7.9	24.8	1.126	31.4	14.2	44.9	1.313	65.7	29.8	93.9
7.00	0.890	17.2	7.8	24.5	1.136	31.2	14.2	44.6	1.331	64.9	29.5	92.8
7.50	0.900	16.8	7.6	24.1	1.144	30.8	14.0	44.0	1.343	62.6	28.4	89.4
8.00	0.910	16.7	7.6	23.8	1.150	30.5	13.8	43.6	1.353	61.4	27.9	87.8
8.50	0.918	16.2	7.4	23.2	1.156	29.6	13.4	42.3	1.364	62.0	28.1	88.6
9.00	0.925	16.0	7.2	22.8	1.162	27.9	12.7	39.9	1.379	62.2	28.2	88.9
9.50	0.932	14.3	6.5	20.4	1.168	27.6	12.5	39.4	1.395	61.4	27.9	87.8
10.00	0.939	13.5	6.1	19.3	1.174	26.3	11.9	37.6	1.407	60.8	27.6	86.9
10.50	0.945	13.4	6.1	19.1	1.181	26.0	11.8	37.1	1.419	60.1	27.2	85.8
11.00	0.953	13.0	5.9	18.6	1.189	26.2	11.9	37.4	1.425	58.9	26.7	84.1
11.50	0.975	12.7	5.8	18.2	1.201	25.7	11.7	36.7	1.437	58.5	26.5	83.6
12.00	0.980	12.5	5.7	17.8	1.209	26.0	11.8	37.1	1.449	58.7	26.6	83.9

GR & ASOCIADOS S.A.

*3/0*  
 LUIS FAJARDO HIDALGO  
 TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*RJ 40*  
 RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
 INGENIERO CIVIL  
 CIR. 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

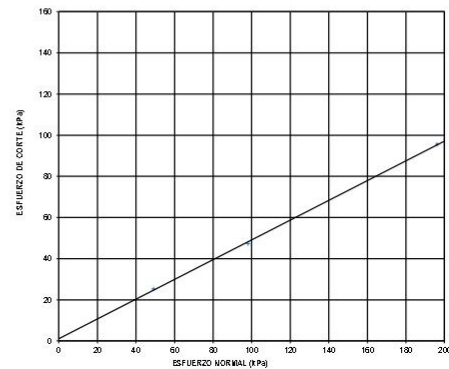
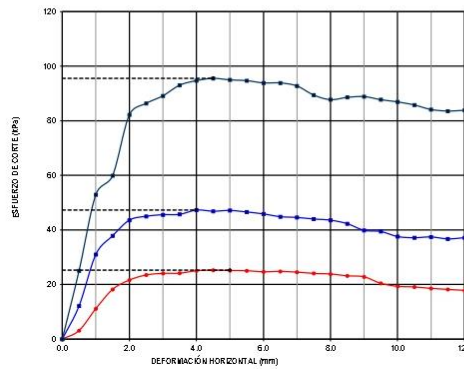
CALLE LAS PLEYADES 250 URB. LA CAMPANA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6341656

**INFORME DE ENSAYO N° 05758 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú	PROGRESIVA : -
FECHA RECEPCION : 07/09/2021	LADO : -
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021	N° CALICATA : 3
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo	MUESTRA : M 1
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán	PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

**ASTM D 3080** **CORTE DIRECTO DE SUELOS**  
**BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**



RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kPa)	1.11	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	25.7
COHESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	0.01		

GR & ASOCIADOS S.A.

*3/0*  
.....  
LUIS FAJARDO HIDALGO  
TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*RGR*  
.....  
RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
INGENIERO CIVIL  
DIR 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS FLEYADES 250 URB. LA CAMPINA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6241066

**INFORME DE ENSAYO N° 05759 - 09-2021**

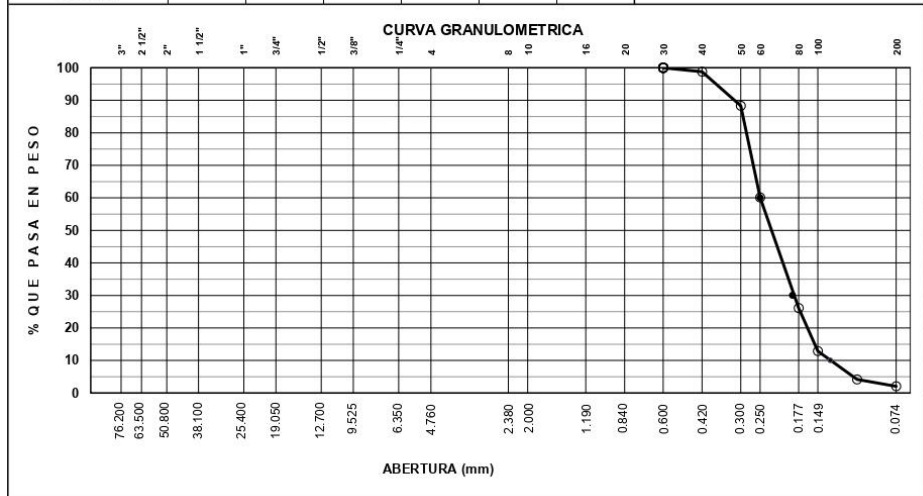
PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú  
 FECHA RECEPCION : 07/09/2021  
 FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021  
 TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo  
 ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán

PROGRESIVA : -  
 LADO : -  
 N° CALICATA : 4  
 MUESTRA : M1  
 PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**MTC E 107 - 2016**

TAMICES		MATERIAL RETENIDO			MATERIAL QUE PASA	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
Pulg.	mm	PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	(%)	MIN. (%)	MAX. (%)	
3"	76.20							PESO INICIAL : 5174.0 g
2 1/2"	63.50							PORCION FINOS : 324.4 g
2"	50.80							% DE HUMEDAD : 3.3
1 1/2"	38.10							TAMANO MAXIMO : No 30
1"	25.40							% DE GRAVA : -
3/4"	19.05							% DE ARENA : 97.9
1/2"	12.70							% PASANTE N° 200 : 2.1
3/8"	9.53							L.L. : 16 %
N° 4	4.75							L.P. : -
N° 8	2.36							L.P. : NP
N° 10	2.00							CLASIFIC. SUCS : SP
N°16	1.19							CLASIF. AASHTO : A-3 (0)
N° 20	0.85							
N° 30	0.60				100.0			
N° 40	0.42	3.9	1.2	1.2	98.8			
N° 50	0.30	34.1	10.5	11.7	88.3			
N° 60	0.25	91.4	28.2	39.9	60.1			
N° 80	0.18	110.2	34.0	73.9	26.1			
N° 100	0.15	42.9	13.2	87.1	12.9			
N° 140	0.11	28.4	8.8	95.8	4.2			
N° 200	0.074	6.8	2.1	97.9	2.1			



GR & ASOCIADOS S.A.

GR & ASOCIADOS S.A.

*Luis Fajardo Hidalgo*  
 LUIS FAJARDO HIDALGO  
 TEC. LABORATORIO

*Ricardo Alfredo González Roldán*  
 RICARDO ALFREDO GONZALEZ ROLDAN  
 INGENIERO CIVIL  
 CIR 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLÉYADES 230 URB. LA CAMPAÑA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6941068

**INFORME DE ENSAYO N° 05759 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú  
 FECHA RECEPCION : 07/09/2021  
 FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021  
 TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo  
 ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán

PROGRESIVA : -  
 LADO : -  
 N° CALICATA : 4  
 MUESTRA : M 1  
 PROFUNDIDAD : 0.00-3.00

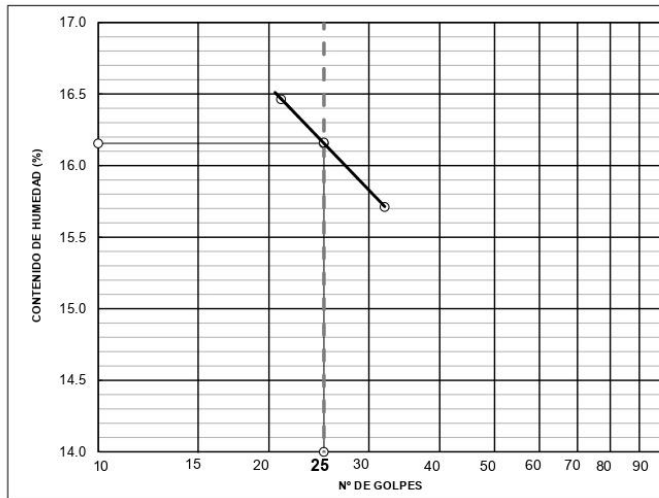
**LIMITES DE CONSISTENCIA PASANTE MALLA N° 40**

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS  
MTC E 110 - 2016**

NUMERO DE GOLPES, N	21	25	32
N° DEL DEPOSITO	51	27	46
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	15.20	15.40	14.68
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	13.44	13.64	13.09
PESO DEL AGUA (g)	1.76	1.76	1.59
PESO DEL DEPOSITO (g)	2.75	2.75	2.97
PESO DEL SUELO SECO (g)	10.69	10.89	10.12
CONTENIDO DE AGUA (%)	16.46	16.16	15.71

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)  
MTC E 111 - 2016**

N° DEL DEPOSITO			
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)			
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)			
PESO DEL AGUA (g)			
PESO DEL DEPOSITO (g)			
PESO DEL SUELO SECO (g)			
CONTENIDO DE AGUA (%)	NP	NP	



L.L. = **16 %**  
 L.P. = **-**  
 I.P. = **NP**

OBSERVACIONES:

GR & ASOCIADOS S.A.

*Luis Fajardo Hidalgo*  
 LUIS FAJARDO HIDALGO  
 TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*Ricardo González Roldán*  
 RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
 INGENIERO CIVIL  
 CIR. 62217

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLÉYADES 230 URB. LA CAMPESÍA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6941068

**INFORME DE ENSAYO N° 05759 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú	PROGRESIVA : -
FECHA RECEPCION : 07/09/2021	LADO : -
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021	N° CALICATA : 4
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo	MUESTRA : M 1
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán	PROFUNDIDAD : 0.00-3.00

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO  
MTC E 108 - 2016**

N° RECIPIENTE	1	2
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (g)	5495.7	5566.8
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (g)	5320.1	5390.9
PESO DEL AGUA (g)	175.6	175.9
PESO DEL RECIPIENTE (g)	Peso recipiente = 0.00 g. Programado en balanza digital	
PESO DEL SUELO SECO (g)	5320.1	5390.9
HUMEDAD (%)	3.3	3.3
PROMEDIO (%)	3.3	

GR & ASOCIADOS S.A.

*3fo*  
.....  
LUIS FAJARDO HIDALGO  
TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*RGR*  
.....  
RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
INGENIERO CIVIL  
DIR 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLEYADES 250 URB. LA CAMPESINA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRELOS TEL: 01 6341085

**INFORME DE ENSAYO N° 05759 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú	PROGRESIVA : -
FECHA RECEPCION : 07/09/2021	LADO : -
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021	N° CALICATA : 4
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo	MUESTRA : M 1
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán	PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

NTP 339.138	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO MÍNIMO DE SUELOS
RESULTADO DE ENSAYO	
IDENTIFICACIÓN	PESO UNITARIO MÍNIMO NTP 339.138 (Tn/m3)
Calicata C-04	1.464

NTP 339.137	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO MÁXIMO DE SUELOS
RESULTADO DE ENSAYO	
IDENTIFICACIÓN	PESO UNITARIO MÁXIMO NTP 339.137 (Tn/m3)
Calicata C-04	1.665

GR & ASOCIADOS S.A.

*3fo*  
.....  
LUIS FAJARDO HIDALGO  
TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*RGR*  
.....  
RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
INGENIERO CIVIL  
CIR. 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS PLEYADES 250 URB. LA CAMPESINA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TEL: 01 6341066

**INFORME DE ENSAYO N° 05759 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú	PROGRESIVA : -
FECHA RECEPCION : 07/09/2021	LADO : -
FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021	N° CALICATA : 4
TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo	MUESTRA : M 1
ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán	PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

ASTM D 3080		CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO					
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487)	--	Límite Líquido	(ASTM D 4318)	(%) --
Clasificación Obras Viales	(ASTM D 3282)	--	Índice Plástico	(ASTM D 4318)	(%) --
Tamaño Máximo (mm)	(NTP 400.012)	--	Mat. más Fino N° 200	(ASTM D 1140)	(%) --
Consistencia (Suelo Fino)	(NTP 339.150)	--	Cementación (Suelo Grueso)	(NTP 339.150)	--
CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO					
DESCRIPCIÓN		49,0 kPa	98,1 kPa	196,1 kPa	
Diámetro	(cm)	6.358	6.358	6.358	
Área	(cm <sup>2</sup> )	31.75	31.75	31.75	
Altura Inicial	(cm)	2.50	2.50	2.50	
Altura Final	(cm)	2.42	2.38	2.35	
Volumen Inicial	(cm <sup>3</sup> )	79.38	79.38	79.38	
Volumen Final	(cm <sup>3</sup> )	76.74	75.67	74.49	
Relación Diámetro / Altura	(D/H)	2.543	2.543	2.543	
Condición de la Estructura del suelo		REMOLDEADA			
Peso Húmedo Inicial	(g)	133.5	133.5	133.5	
Peso Húmedo Final	(g)	174.7	166.6	164.2	
Peso Seco	(g)	129.1	129.1	129.1	
Humedad Inicial	(%)	3.4	3.4	3.4	
Humedad Final	(%)	35.3	29.0	27.2	
Densidad Húmeda Inicial	(g/cm <sup>3</sup> )	1.682	1.682	1.682	
Densidad Húmeda Final	(g/cm <sup>3</sup> )	2.276	2.201	2.205	
Densidad Seca Inicial	(g/cm <sup>3</sup> )	1.627	1.627	1.627	
Densidad Seca Final	(g/cm <sup>3</sup> )	1.682	1.706	1.733	

GR & ASOCIADOS S.A.  
  
 LUIS FAJARDO HIDALGO  
 TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.  
  
 RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
 INGENIERO CIVIL  
 CIR. 62317

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
GR & ASOCIADOS S.A.**

CALLE LAS FLEYADES 200 URB. LA CAMPESINA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS TLF.: 01 6941068

**INFORME DE ENSAYO N° 05759 - 09-2021**

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú  
 FECHA RECEPCION : 07/09/2021  
 FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021  
 TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo  
 ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán

PROGRESIVA : -  
 LADO : -  
 N° CALICATA : 4  
 MUESTRA : M 1  
 PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

ASTM D 3080	<b>CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS</b>
-------------	---

ESFUERZO NORMAL	49,0 kPa		98,1 kPa		196,1 kPa	
Etapa	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (cm)	2.50	2.42	2.50	2.38	2.50	2.35
Volumen (cm <sup>3</sup> )	79.38	76.74	79.38	75.67	79.38	74.49
Humedad (%)	3.4	35.3	3.4	29.0	3.4	27.2
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.627	1.682	1.627	1.706	1.627	1.733
Esfuerzo Corte (kPa)	28.0		48.4		101.1	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 49,0 kPa				ESFUERZO NORMAL 98,1 kPa				ESFUERZO NORMAL 196,1 kPa			
	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)
0.00	0.605	0.0	0.0	0.0	0.826	0.0	0.0	0.0	1.120	0.0	0.0	0.0
0.50	0.682	6.0	2.7	8.5	0.893	10.8	4.9	15.4	1.207	29.2	13.2	41.7
1.00	0.710	11.5	5.2	16.4	0.922	20.2	9.1	28.8	1.254	40.0	18.1	57.1
1.50	0.735	14.8	6.7	21.1	0.938	26.6	12.1	38.0	1.308	53.5	24.2	76.4
2.00	0.757	16.8	7.6	24.0	0.964	30.7	13.9	43.8	1.343	63.7	28.9	91.0
2.50	0.766	18.4	8.3	26.2	0.997	32.8	14.9	46.8	1.383	67.4	30.6	96.2
3.00	0.776	19.0	8.6	27.1	1.036	33.7	15.3	48.1	1.416	69.4	31.5	99.2
3.50	0.789	19.4	8.8	27.7	1.067	33.8	15.3	48.2	1.438	70.1	31.8	100.2
4.00	0.799	19.3	8.7	27.5	1.088	33.7	15.3	48.1	1.460	70.7	32.1	101.1
4.50	0.806	19.3	8.8	27.6	1.106	33.9	15.4	48.4	1.483	70.4	31.9	100.5
5.00	0.813	19.6	8.9	28.0	1.126	33.7	15.3	48.1	1.496	70.0	31.8	100.1
5.50	0.819	19.3	8.8	27.6	1.143	33.3	15.1	47.5	1.508	69.9	31.7	99.9
6.00	0.822	19.2	8.7	27.5	1.151	32.5	14.7	46.4	1.514	69.5	31.5	99.3
6.50	0.824	18.9	8.6	26.9	1.157	32.3	14.6	46.1	1.522	69.4	31.5	99.2
7.00	0.825	18.6	8.5	26.6	1.160	31.8	14.4	45.4	1.527	68.9	31.2	98.4
7.50	0.827	18.4	8.3	26.3	1.162	31.1	14.1	44.4	1.534	68.0	30.9	97.2
8.00	0.828	18.2	8.2	26.0	1.164	31.0	14.1	44.3	1.532	67.6	30.6	96.5
8.50	0.829	18.1	8.2	25.9	1.165	30.8	14.0	44.0	1.537	67.0	30.4	95.7
9.00	0.829	18.1	8.2	25.8	1.168	31.0	14.0	44.2	1.539	66.7	30.3	95.3
9.50	0.830	17.8	8.1	25.5	1.171	30.4	13.8	43.4	1.544	66.2	30.0	94.5
10.00	0.830	17.8	8.1	25.4	1.173	30.2	13.7	43.2	1.544	65.1	29.5	93.0
10.50	0.833	17.7	8.0	25.3	1.173	30.1	13.7	43.0	1.547	65.1	29.5	93.0
11.00	0.836	17.7	8.0	25.3	1.173	30.0	13.6	42.9	1.547	65.0	29.5	92.8
11.50	0.836	17.7	8.0	25.2	1.176	30.0	13.6	42.8	1.549	64.8	29.4	92.6
12.00	0.836	17.6	8.0	25.1	1.176	29.7	13.5	42.4	1.549	64.8	29.4	92.6

GR & ASOCIADOS S.A.

GR & ASOCIADOS S.A.

*Luis Fajardo Hidalgo*  
 LUIS FAJARDO HIDALGO  
 TEC. LABORATORIO

*Ricardo González Roldán*  
 RICARDO ALFREDO GONZALEZ ROLDAN  
 INGENIERO CIVIL  
 CIR. 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)

# LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES GR & ASOCIADOS S.A.

CALLE LAS PLEYADES 250 URB. LA CAMPESINA ZONA CINCO (UNIDAD 5) LIMA - LIMA - CHORRILLOS T.L.F.: 01 6941066

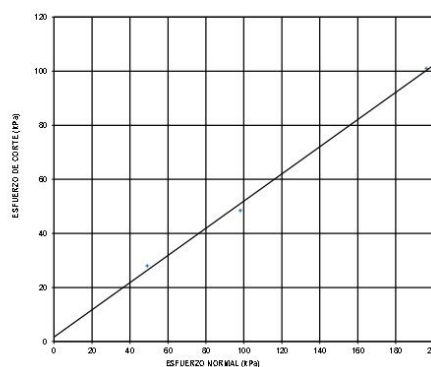
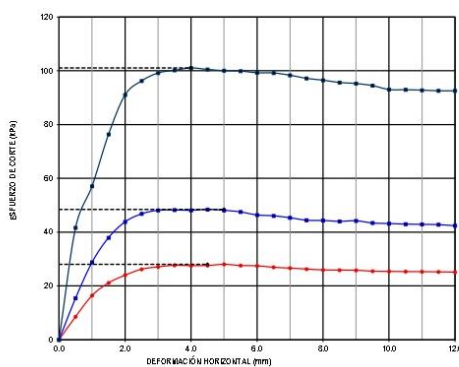
## INFORME DE ENSAYO N° 05759 - 09-2021

PROYECTO : Tesis "Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los Laureles de Villa El Salvador".

UBICACIÓN : Los Laureles, Villa El Salvador - Lima - Perú  
 FECHA RECEPCION : 07/09/2021  
 FECHA DE ENSAYO : 08/09/2021  
 TEC. RESPONSABLE : Luis Fajardo Hidalgo  
 ING. RESPONSABLE : Ricardo González Roldán

PROGRESIVA : -  
 LADO : -  
 N° CALICATA : 4  
 MUESTRA : M 1  
 PROFUNDIDAD : 0.00-3.00 NF: -

ASTM D 3080	<b>CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS</b>
-------------	---



RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kPa)	1.71	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	26.7
COHESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	0.02		

GR & ASOCIADOS S.A.

*Luis Fajardo Hidalgo*  
 LUIS FAJARDO HIDALGO  
 TEC. LABORATORIO

GR & ASOCIADOS S.A.

*Ricardo González Roldán*  
 RICARDO ALFREDO GONZÁLEZ ROLDÁN  
 INGENIERO CIVIL  
 CIR. 62217

Fuente: GR & ASOCIADOS S.A. (2021)

### Anexo 3: Mapa de peligro sísmico probabilístico Lima



Fuente: Ministerio del Ambiente- Instituto Geofísico del Perú (IGP) (2014)

## Anexo 4: Hojas de Cálculo MS Excel

### Muro de concreto en la zona del Corte N° 1

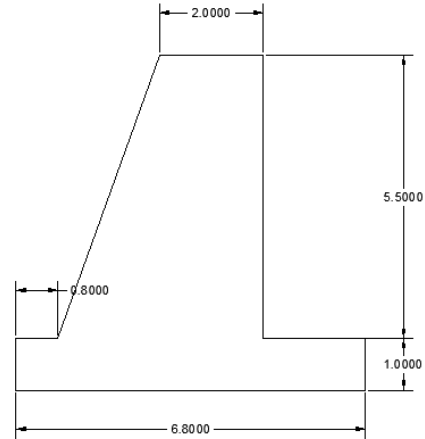
#### DISEÑO DE MURO DE CONCRETO

##### DATOS INICIALES

Datos del muro	
Altura total (H)	= 6,500 m
Base (m)	= 6,800 m
Peso específico (Y)	= 23,58 KN/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación (α)	= 0,00 °
Carga (q)	= 20,00 kN/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación (β)	= 90,00 °
Ángulo de fricción (δ')	= 0,00 °
hsc	= 0,78 m

Datos del suelo de relleno	
Ángulo de fricción (φ <sub>1</sub> )	= 25,70 °
Peso específico (Y <sub>1</sub> )	= 15,14 KN/m <sup>3</sup>
Cohesión (C <sub>1</sub> )	= 0,00 KN/m <sup>2</sup>

Datos del suelo de existente	
Ángulo de fricción (φ <sub>2</sub> )	= 27,20 °
Peso específico (Y <sub>2</sub> )	= 15,90 KN/m <sup>3</sup>
Cohesión (C <sub>2</sub> )	= 3,26 KN/m <sup>2</sup>



Coeficiente de presión activa		Coeficiente de presión pasiva		Coeficiente de presión en reposo	
$k_a = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi}$	= 0,40	$k_p = \frac{1 + \text{sen}\phi}{1 - \text{sen}\phi}$	= 2,68	$k_0 = 1 - \text{sen}(\phi')$	= 0,57

Empuje activo		Empuje pasivo		Coeficiente de presión en reposo	
$P_a = \frac{\gamma_1 H^2}{2} k_a$	= 158,41 KN/m	$P_p = \frac{1}{2} k_p \gamma_2 D^2 + 2C_2' \sqrt{k_p} D$	= 106,71 KN/m	$P_0 = q k_0 h$	= 73,62
$P_v = P_a \sin \alpha$	= 0,00 KN/m			$P_v = P_a \sin \alpha$	= 0
$P_h = P_a \cos \alpha$	= 158,41 KN/m			$P_h = P_a \cos \alpha$	= 73,624319

Sección N°	Área (m <sup>2</sup> )	Peso/unidad de longitud del muro (KN/m)	Brazo de momento del punto C (m)	Momento (KN-m/m)
1	11,00	259,38	3,80	985,64
2	5,50	129,69	2,13	276,67
3	6,80	160,34	3,40	545,17
4	11,00	166,54	5,80	965,93
Pa	0,00	0,00	6,80	0,00
Po	0,00	0,00	4,80	0,00
S/C	40,00	0,00	5,80	232,00
$\Sigma_v =$		715,95		$\Sigma M_R = 2773,42$

Momento de volteo

$$M_0 = P_h \left( \frac{H}{3} \right) = 401,51 \text{ KN-m/m}$$

Factor de seguridad por volteo

$$FS_{\text{volteo}} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_0} = 6,91 > 2,00 \text{ SI CUMPLE POR VOLTEO}$$

Factor de seguridad por deslizamiento

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{(\Sigma v) \tan(k_1 \phi'_2) + B k_2 C'_2 + P_p}{P_a \cos(\alpha)} = 1,53 > 1,50 \text{ SI CUMPLE POR DESLIZAMIENTO}$$

Factor de seguridad contra la falla de la capacidad de carga

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_R - M_0}{\Sigma v} = 0,087 < \frac{B}{6} = 1,133333 \text{ SICUMPLE}$$

$$q_{m\acute{a}x} = q_{punta} = \frac{\Sigma v}{B} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right) = 113,38 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{m\acute{i}n} = q_{tal\acute{o}n} = \frac{\Sigma v}{B} \left( 1 - \frac{6e}{B} \right) = 97,20 \text{ KN/m}^2$$

Para  $\phi_2' = 27,20$  (tabla 16,2)

$$N_c = 24,30$$

$$N_q = 13,49$$

$$N_\gamma = 9,79$$

$$q = \gamma_2 D = 31,80 \text{ KN/m}^2$$

$$B' = B - 2e = 6,63 \text{ m}$$

$$dc = 1 + 0,2\sqrt{Kp} \left( \frac{Df}{L} \right) = 1,099$$

$$dq = dY = 1 + 0,1\sqrt{Kp} \left( \frac{Df}{L} \right) = 1,049$$

$$\psi = \tan^{-1} \left( \frac{P_a \cos a}{\Sigma v} \right) = 19,25^\circ$$

$$i_c = i_q = \left( 1 - \frac{\psi}{90^\circ} \right)^2 = 0,618$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{\psi}{\phi_2'} \right)^2 = 0,0855 \approx 0$$

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot d_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma = 378,23 \text{ KN/m}^2$$

$$FS = \frac{q_u}{q_{bunta}} = 3,336088 > 3 \text{ SICUMPLE POR CAPACIDAD DE CARGA}$$

Fuente: Elaboración propia (2021)

# Muro de llanta en la zona del Corte N°1

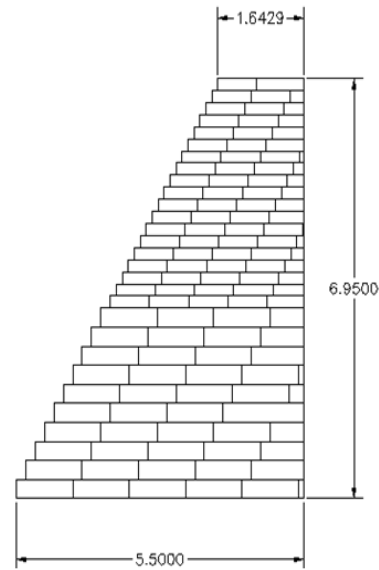
## DISEÑO DE MURO DE LLANTAS

### DATOS INICIALES

Datos del muro	
Altura total (H)	= 7,000 m
Base (m)	= 5,500 m
Peso específico ( $\gamma$ )	= 14,950 KN/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación ( $\alpha$ )	= 0,00 °
Carga (q)	= 20,00
Ángulo de inclinación ( $\beta$ )	= 90,00 °
Ángulo de fricción ( $\delta'$ )	= 0,00 °
hsc	1,32

Datos del suelo de relleno	
Ángulo de fricción ( $\phi_1$ )	= 25,70 °
Peso específico ( $\gamma_1$ )	= 15,14 KN/m <sup>3</sup>
Cohesión ( $C_1$ )	= 0,00 KN/m <sup>2</sup>

Datos del suelo de existente	
Ángulo de fricción ( $\phi_2$ )	= 27,20 °
Peso específico ( $\gamma_2$ )	= 15,90 KN/m <sup>3</sup>
Cohesión ( $C_2$ )	= 3,26 KN/m <sup>2</sup>



Coefficiente de presión activa	Coefficiente de presión pasiva	Coefficiente de presión en reposo
$k_a = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi} = 0,40$	$k_p = \frac{1 + \text{sen}\phi}{1 - \text{sen}\phi} = 2,68$	$k_0 = 1 - \text{sen}(\phi') = 0,57$

Empuje activo	Empuje pasivo	Coefficiente de presión en reposo
$P_a = \frac{\gamma_1 H^2}{2} k_a = 207,05 \text{ KN/m}$	$P_p = \frac{1}{2} k_p \gamma_2 D^2 + 2C_2' \sqrt{k_p} D = 160,06 \text{ KN/m}$	$P_0 = q k_0 h = 79,29$
$P_v = P_a \sin \alpha = 0,00 \text{ KN/m}$		$P_v = P_a \sin \alpha = 0,00$
$P_h = P_a \cos \alpha = 207,05 \text{ KN/m}$		$P_h = P_a \cos \alpha = 79,29$

Sección N°	Área (m <sup>2</sup> )	Peso/unidad de longitud del muro (KN/m)	Brazo de momento del punto C (m)	Momento (KN-m/m)
1	10,50	156,98	4,75	745,63
2	14,00	209,30	2,67	558,13
		0,00	5,50	0,00
		0,00	5,50	0,00
$\Sigma_v =$		366,28		$\Sigma M_R = 1303,76 \text{ KN-m/m}$

Momento de volteo

$$M_0 = P_h \left( \frac{H'}{3} \right) = 407,85 \text{ KN-m/m}$$

Factor de seguridad por volteo

$$FS_{\text{volteo}} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_0} = 3,20 > 2,00 \text{ SI CUMPLE POR VOLTEO}$$

Factor de seguridad por deslizamiento

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{(\Sigma v) \tan(k_1 \phi'_2) + B k_2 C'_2 + P_p}{P_a \cos(\alpha)} = 2,11 > 1,50 \text{ SI CUMPLE POR DESLIZAMIENTO}$$



Factor de seguridad contra la falla de la capacidad de carga

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_R - M_0}{\Sigma v} = 0,304 < \frac{B}{6} = 0,916667 \quad \text{SICUMPLE}$$

$$q_{m\acute{a}x} = q_{punta} = \frac{\Sigma v}{B} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right) = 88,68 \quad \text{KN/m}^2$$

$$q_{m\acute{i}n} = q_{tal\acute{o}n} = \frac{\Sigma v}{B} \left( 1 - \frac{6e}{B} \right) = 44,51 \quad \text{KN/m}^2$$

Para  $\phi_2' = 27,2$  (tabla 16,2)

$$N_c = 24,30$$

$$N_q = 13,49$$

$$N_\gamma = 9,79$$

$$q = \gamma_2 D = 39,75 \quad \text{KN/m}^2$$

$$B' = B - 2e = 4,89 \quad \text{m}$$

$$d_c = 1 + 0,2\sqrt{Kp} \left( \frac{Df}{L} \right) = 1,167$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1\sqrt{Kp} \left( \frac{Df}{L} \right) = 1,084$$

$$\psi = \tan^{-1} \left( \frac{P_a \cos \alpha}{\Sigma v} \right) = 56,88 \quad ^\circ$$

$$i_c = i_q = \left( 1 - \frac{\psi}{90^\circ} \right)^2 = 0,135$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{\psi}{\phi_2'} \right)^2 = 1,1907 \approx 0$$

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot d_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma = 582,29 \quad \text{KN/m}^2$$

$$FS = \frac{q_u}{q_{m\acute{a}x}} = 6,566219 > 3 \quad \text{SICUMPLE POR CAPACIDAD DE CARGA}$$

Fuente: Elaboración propia (2021)

## Muro de Pirca en la zona del Corte N°1

### DISEÑO DE MURO DE PIRCA

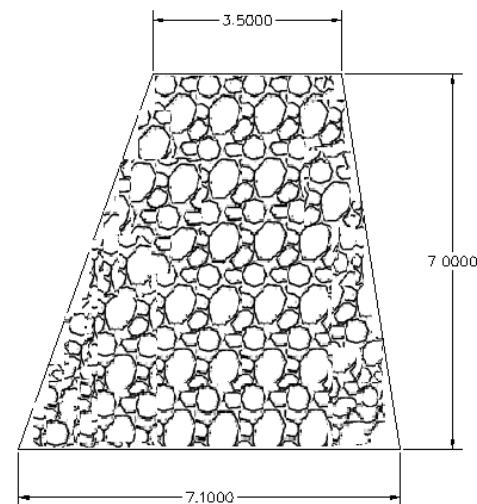
#### DATOS INICIALES

Datos del muro			
Altura (H)	=	7,00	m
Hsc=	=	0,78	m
Htotal=	=	7,78	m
Base (m)	=	7,10	m
Peso específico (Y)	=	20,60	KN/m <sup>3</sup>
Sobrecarga (q)	=	20,00	KN/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación (α)	=	0,00	°
Ángulo de inclinación (β)	=	81,07	°
Ángulo de fricción (δ')	=	17,13	°

Datos Relleno posterior a la pantalla del muro			
Ángulo de fricción (φ <sub>1</sub> )	=	25,70	°
Cohesión (C' <sub>1</sub> )	=	0,00	KN/m <sup>2</sup>
Peso específico (Y <sub>1</sub> )	=	15,14	KN/m <sup>3</sup>

Datos de la cimentación			
Ángulo de fricción (φ <sub>2</sub> )	=	27,20	°
Cohesión (C' <sub>2</sub> )	=	3,26	KN/m <sup>2</sup>
Peso específico (Y <sub>2</sub> )	=	15,90	KN/m <sup>3</sup>

Coef. de fricción suelo base			
K1	=	0,67	
k2	=	0,67	



Coeficiente de presión activa	Coeficiente de presión pasiva	Coeficiente de presión en reposo
$k_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi')}{\sin^2 \beta \sin(\beta - \delta') \left[ 1 + \frac{\sin(\phi' + \delta') \sin(\phi' - \alpha)}{\sin(\beta - \delta') \sin(\alpha + \beta)} \right]^2} = 0,42$	$k_p = \frac{\sin^2(\beta - \phi')}{\sin^2 \beta \sin(\beta + \delta') \left[ 1 - \frac{\sin(\phi' + \delta') \sin(\phi' + \alpha)}{\sin(\beta + \delta') \sin(\alpha + \beta)} \right]^2} = 3,68$	$k_0 = 1 - \sin(\phi') = 0,57$

Empuje activo	Empuje pasivo	Empuje en reposo
$P_a = \frac{1}{2} k_a \gamma H^2 = 192,73 \text{ KN/m}$	$P_p = \frac{1}{2} k_p Y H_c^2 + 2c' \sqrt{k_p} H_c = 142,02 \text{ KN/m}$	$P_0 = q k_0 h = 79,29 \text{ KN/m}$
$P_v = P_a \sin(\alpha) = 0,00 \text{ KN/m}$		$P_v = P_0 \sin(\alpha) = 0 \text{ KN/m}$
$P_h = P_a \cos(\alpha) = 192,73 \text{ KN/m}$		$P_h = P_0 \cos(\alpha) = 79,29 \text{ KN/m}$

Momento de volteo

$$M_0 = P_h \left( \frac{H'}{3} \right) = 316,48 \text{ KN-m/m}$$

Factor de seguridad por volteo

$$FS_{\text{volteo}} = \frac{\sum M_R}{\sum M_0} = 9,76 > 2,00 \text{ SI CUMPLE POR VOLTEO}$$

Factor de seguridad por deslizamiento

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{(\sum v) \tan(k_1 \phi'_2) + Bk_2 C'_2 + P_p}{P_h} = 1,53 > 1,50 \text{ SI CUMPLE POR DESLIZAMIENTO}$$

Factor de seguridad contra la falla de la capacidad de carga

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - M_0}{\sum v} = 0,022 < \frac{B}{6} = 1,183333 \text{ SI CUMPLE}$$

$$q_{\text{máx}} = q_{\text{punta}} = \frac{\sum v}{B} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right) = 112,80 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{\text{mín}} = q_{\text{talón}} = \frac{\sum v}{B} \left( 1 - \frac{6e}{B} \right) = 108,68 \text{ KN/m}^2$$

Para  $\phi_2' = 27,20$  (tabla 16.2)

$$N_c = 24,30$$

$$N_q = 13,49$$

$$N_\gamma = 9,79$$

$$q = \gamma_2 D = 31,80 \text{ KN/m}^2$$

$$B' = B - 2e = 7,06 \text{ m}$$

$$dc = 1 + 0,2\sqrt{Kp} \left( \frac{Df}{L} \right) = 1,109$$

$$dq = d\gamma = 1 + 0,1\sqrt{Kp} \left( \frac{Df}{L} \right) = 1,054$$

$$\psi = \tan^{-1} \left( \frac{P_a \cos \alpha}{\sum v} \right) = 20,65^\circ$$

$$i_c = i_q = \left( 1 - \frac{\psi}{90^\circ} \right)^2 = 0,594$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{\psi}{\phi_2'} \right)^2 = 0,0579 \approx 0$$

$$q_{\text{ult}} = c \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot d_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma = 529,71 \text{ KN/m}^2$$

$$FS = \frac{q_u}{q_{\text{punta}}} = 4,696022 > 3 \text{ SI CUMPLE POR CAPACIDAD DE CARGA}$$

Fuente: Elaboración propia (2021)

## Muro de concreto en la zona del Corte N°2

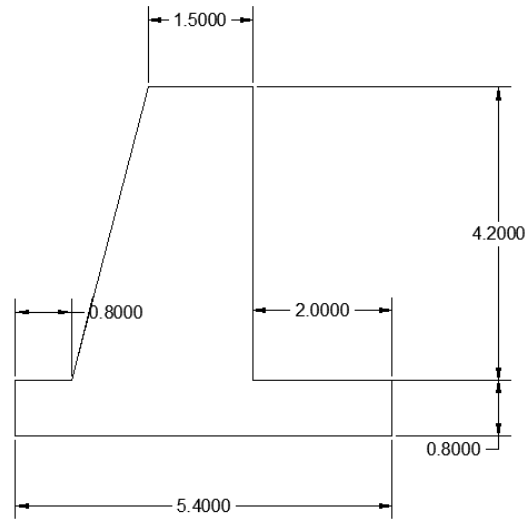
### DISEÑO DE MURO DE CONCRETO

#### DATOS INICIALES

Datos del muro	
Altura total (H)	= 5,000 m
Base (m)	= 5,400 m
Peso específico (Y)	= 23,58 KN/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación (α)	= 0,00 °
Carga (q)	= 20,00 kN/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación (β)	= 90,00 °
Ángulo de fricción (δ')	= 0,00 °
hsc	= 0,75 m

Datos del suelo de relleno	
Ángulo de fricción (φ <sub>1</sub> )	= 26,70 °
Peso específico (Y <sub>1</sub> )	= 15,34 KN/m <sup>3</sup>
Cohesión (C <sub>1</sub> )	= 0,00 KN/m <sup>2</sup>

Datos del suelo de existente	
Ángulo de fricción (φ <sub>2</sub> )	= 26,10 °
Peso específico (Y <sub>2</sub> )	= 14,96 KN/m <sup>3</sup>
Cohesión (C <sub>2</sub> )	= 2,24 KN/m <sup>2</sup>



Coefficiente de presión activa	Coefficiente de presión pasiva	Coefficiente de presión en reposo
$k_a = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi} = 0,38$	$k_p = \frac{1 + \text{sen}\phi}{1 - \text{sen}\phi} = 2,57$	$k_0 = 1 - \text{sen}(\phi') = 0,55$

Empuje activo	Empuje pasivo	Coefficiente de presión en reposo
$P_a = \frac{\gamma_1 H^2}{2} k_a = 96,33 \text{ KN/m}$	$P_p = \frac{1}{2} k_p \gamma_2 D^2 + 2C_2' \sqrt{k_p} * D = 91,29 \text{ KN/m}$	$P_0 = q k_0 h = 55,07$
$P_v = P_a \sin \alpha = 0,00 \text{ KN/m}$		$P_v = P_a \sin \alpha = 0$
$P_h = P_a \cos \alpha = 96,33 \text{ KN/m}$		$P_h = P_a \cos \alpha = 55,0681$

Sección N°	Área (m <sup>2</sup> )	Peso/unidad de longitud del muro (KN/m)	Brazo de momento del punto C (m)	Momento (KN-m/m)
1	6,30	148,55	2,65	393,67
2	2,31	54,47	1,53	83,52
3	4,32	101,87	2,70	275,04
4	8,40	128,87	4,40	567,04
Pa	0,00	0,00	5,40	0,00
Po	0,00	0,00	3,40	0,00
S/C	40,00	40,00	4,40	176,00
Σ <sub>v</sub>		433,76		ΣM <sub>R</sub> = 1319,27

Momento de volteo

$$M_0 = P_h \left( \frac{H'}{3} \right) = 169,36 \text{ KN-m/m}$$

Factor de seguridad por volteo

$$FS_{\text{volteo}} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_a} = 7,79 > 2,00 \text{ SICUMPLE POR VOLTEO}$$

Factor de seguridad por deslizamiento

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{(\Sigma v) \tan(k_1 \phi'_2) + B k_2 C'_2 + P_p}{P_a \cos(\alpha)} = 1,55 > 1,50 \text{ SICUMPLE POR DESLIZAMIENTO}$$

Factor de seguridad contra la falla de la capacidad de carga

$$e = \frac{B}{2} \frac{\Sigma M_R - M_0}{\Sigma v} = 0,049 < \frac{B}{6} = 0,9 \text{ SICUMPLE}$$

$$q_{\text{máx}} = q_{\text{punta}} = \frac{\Sigma v}{B} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right) = 84,70 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{\text{mín}} = q_{\text{talón}} = \frac{\Sigma v}{B} \left( 1 - \frac{6e}{B} \right) = 75,95 \text{ KN/m}^2$$

Para  $\phi_2' = 26,10$  (tabla 16,2)

$$N_c = 22,42$$

$$N_q = 11,98$$

$$N_\gamma = 8,14$$

$$q = \gamma_2 D = 29,92 \text{ KN/m}^2$$

$$B' = B - 2e = 5,30 \text{ m}$$

$$dc = 1 + 0,2\sqrt{Kp} \left( \frac{Df}{L} \right) = 1,121$$

$$dq = dY = 1 + 0,1\sqrt{Kp} \left( \frac{Df}{L} \right) = 1,060$$

$$\psi = \tan^{-1} \left( \frac{P_a \cos a}{\Sigma v} \right) = 20,85^\circ$$

$$i_c = i_q = \left( 1 - \frac{\psi}{90^\circ} \right)^2 = 0,590$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{\psi}{\phi_2'} \right)^2 = 0,0404 \approx 0$$

$$q_{\text{ult}} = c \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot d_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma = 271,47 \text{ KN/m}^2$$

$$FS = \frac{q_u}{q_{\text{máx}}} = 3,205097 > 3 \text{ SICUMPLE POR CAPACIDAD DE CARGA}$$

Fuente: Elaboración propia (2021)

## Muro de llantas en la zona del Corte N°2

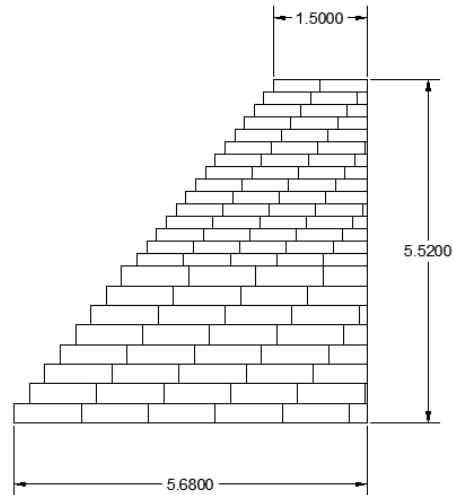
### DISEÑO DE MURO DE LLANTAS

#### DATOS INICIALES

Datos del muro			
Altura total (H)	=	5,520	m
Base (m)	=	5,680	m
Peso específico (γ)	=	14,950	KN/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación (α)	=	0,00	°
Carga (q)	=	20,00	
Ángulo de inclinación (β)	=	90,00	°
Ángulo de fricción (δ')	=	0,00	°
hsc	=	1,30	

Datos del suelo de relleno			
Ángulo de fricción (φ <sub>1</sub> )	=	26,70	°
Peso específico (γ <sub>1</sub> )	=	15,34	KN/m <sup>3</sup>
Cohesión (C' <sub>1</sub> )	=	0,00	KN/m <sup>2</sup>

Datos del suelo de existente			
Ángulo de fricción (φ <sub>2</sub> )	=	26,10	°
Peso específico (γ <sub>2</sub> )	=	14,96	KN/m <sup>3</sup>
Cohesión (C' <sub>2</sub> )	=	2,24	KN/m <sup>2</sup>



Coeficiente de presión activa		Coeficiente de presión pasiva		Coeficiente de presión en reposo	
$k_a = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi}$	= 0,38	$k_p = \frac{1 + \text{sen}\phi}{1 - \text{sen}\phi}$	= 2,57	$k_0 = 1 - \text{sen}(\phi')$	= 0,55

Empuje activo		Empuje pasivo		Coeficiente de presión en reposo	
$P_a = \frac{\gamma_1 H^2}{2} k_a$	= 135,71	KN/m	$P_p = \frac{1}{2} k_p \gamma_2 D^2 + 2C'_2 \sqrt{k_p} * D$	= 47,75	KN/m
$P_v = P_a \sin \alpha$	= 0,00	KN/m		$P_0 = q k_0 h$	= 60,80
$P_h = P_a \cos \alpha$	= 135,71	KN/m		$P_v = P_a \sin \alpha$	= 0,00
				$P_h = P_a \cos \alpha$	= 60,80

Sección N°	Área (m <sup>2</sup> )	Peso/unidad de longitud del muro (KN/m)	Brazo de momento del punto C (m)	Momento (KN-m/m)
1	8,31	124,20	4,75	590,25
2	11,04	165,05	2,67	440,13
		0,00	5,68	0,00
		0,00	5,68	0,00
$\Sigma_v =$		289,25		$\Sigma M_R = 1030,38$

Momento de volteo

$$M_0 = P_h \left( \frac{H'}{3} \right) = 367,87 \text{ KN-m/m}$$

Factor de seguridad por volteo

$$FS_{\text{volteo}} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_0} = 2,80 > 2,00 \text{ SICUMPLE POR VOLTEO}$$

Factor de seguridad por deslizamiento

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{(\Sigma v) \tan(k_1 \phi'_2) + B k_2 C'_2 + P_p}{P_a \cos(\alpha)} = 1,83 > 1,50 \text{ SICUMPLE POR DESLIZAMIENTO}$$

Factor de seguridad contra la falla de la capacidad de carga

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_R - M_0}{\Sigma v} = 0,550 < \frac{B}{6} = 0,946667 \quad \text{SI CUMPLE}$$

$$q_{\text{máx}} = q_{\text{punta}} = \frac{\Sigma v}{B} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right) = 80,48 \quad \text{KN/m}^2$$

$$q_{\text{mín}} = q_{\text{talón}} = \frac{\Sigma v}{B} \left( 1 - \frac{6e}{B} \right) = 21,36 \quad \text{KN/m}^2$$

Para  $\phi_2' = 26,1$  (tabla 16,2)

$$N_c = 22,42$$

$$N_q = 11,98$$

$$N_\gamma = 8,14$$

$$q = \gamma_2 D = 20,94 \quad \text{KN/m}^2$$

$$B' = B - 2e = 4,58 \quad \text{m}$$

$$dc = 1 + 0,2\sqrt{Kp} \left( \frac{Df}{L} \right) = 1,098$$

$$dq = dY = 1 + 0,1\sqrt{Kp} \left( \frac{Df}{L} \right) = 1,049$$

$$\psi = \tan^{-1} \left( \frac{P_a \cos \alpha}{\Sigma v} \right) = 46,27 \quad ^\circ$$

$$i_c = i_q = \left( 1 - \frac{\psi}{90^\circ} \right)^2 = 0,236$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{\psi}{\phi_2'} \right)^2 = 0,5974 \approx 0$$

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot d_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma = 249,90 \quad \text{KN/m}^2$$

$$FS = \frac{q_u}{q_{\text{punta}}} = 3,105045 > 3 \quad \text{SI CUMPLE POR CAPACIDAD DE CARGA}$$

Fuente: Elaboración propia (2021)

## Muro de Pirca en la zona del Corte N°1

### DISEÑO DE MURO DE PIRCA

#### DATOS INICIALES

Datos del muro		
Altura (H)	=	6,00 m
Hsc=	=	0,75 m
Htotal=	=	6,75 m
Base (m)	=	6,20 m
Peso específico (Y)	=	20,60 KN/m <sup>3</sup>
Sobrecarga (q)	=	20,00 KN/m <sup>3</sup>
Ángulo de inclinación (α)	=	0,00 °
Ángulo de inclinación (β)	=	80,54 °
Ángulo de fricción (δ')	=	17,80 °

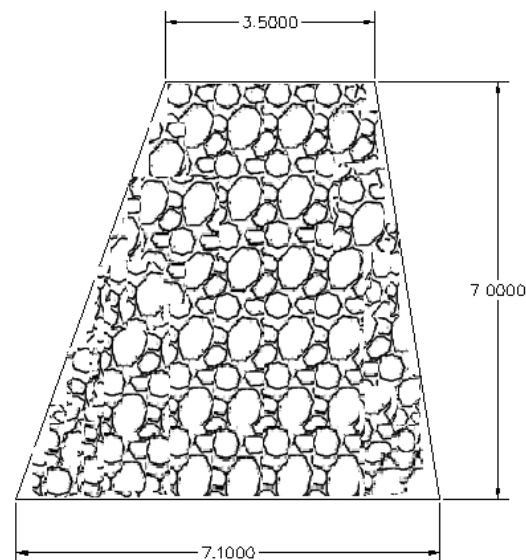
Datos Relleno posterior a la pantalla del muro		
Ángulo de fricción (φ <sub>1</sub> )	=	26,70 °
Cohesión (C <sub>1</sub> )	=	0,00 KN/m <sup>2</sup>
Peso específico (Y <sub>1</sub> )	=	15,34 KN/m <sup>3</sup>

Datos de la cimentación		
Ángulo de fricción (φ <sub>2</sub> )	=	26,10 °
Cohesión (C <sub>2</sub> )	=	2,24 KN/m <sup>2</sup>
Peso específico (Y <sub>2</sub> )	=	14,96 KN/m <sup>3</sup>

Coef. de fricción suelo base		
K1	=	0,67
k2	=	0,67



Coeficiente de presión activa		Coeficiente de presión pasiva		Coeficiente de presión en reposo	
$k_a = \frac{\text{sen}^2(\beta + \phi')}{\text{sen}^2\beta \text{sen}(\beta - \delta') \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi' + \delta') \text{sen}(\phi' - \alpha)}{\text{sen}(\beta - \delta') \text{sen}(\alpha + \beta)}} \right]^2}$	= 0,41	$k_p = \frac{\text{sen}^2(\beta - \phi')}{\text{sen}^2\beta \text{sen}(\beta + \delta') \left[ 1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi' + \delta') \text{sen}(\phi' + \alpha)}{\text{sen}(\beta + \delta') \text{sen}(\alpha + \beta)}} \right]^2}$	= 3,54	$k_0 = 1 - \text{sen}(\phi')$	= 0,55
Empuje activo		Empuje pasivo		Empuje en reposo	
$P_a = \frac{1}{2} k_a \gamma H^2$	= 144,08 KN/m	$P_p = \frac{1}{2} k_p Y H_c^2 + 2c' \sqrt{k_p} H_c$	= 122,64 KN/m	$P_0 = q k_0 h$	= 66,08 KN/m
$P_v = P_a \text{sen}(\alpha)$	= 0,00 KN/m			$P_v = P_0 \text{sen}(\alpha)$	= 0 KN/m
$P_h = P_a \text{cos}(\alpha)$	= 144,08 KN/m			$P_h = P_0 \text{cos}(\alpha)$	= 66,08 KN/m



Sección N°	Área (m <sup>2</sup> )	Peso/unidad de longitud del muro (KN/m)	Brazo de momento del punto C (m)	Momento (KN-m/m)
1	21,00	432,60	3,45	1492,47
2	5,10	105,06	1,13	119,07
3	3,00	61,80	5,53	341,96
Pav =		0,00	6,20	0,00
Pov =		0,00	6,20	0,00
S/C =		20,00	5,53	110,67
	Σv =	619,46		ΣMR = 2064,16 KN-m/m

Momento de volteo

$$M_0 = P_h \left( \frac{H'}{3} \right) = 180,39 \text{ KN-m/m}$$

Factor de seguridad por volteo

$$FS_{\text{volteo}} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_0} = 11,44 > 2,00 \text{ SICUMPLE POR VOLTEO}$$

Factor de seguridad por deslizamiento

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{(\Sigma v) \tan(k_1 \phi'_2) + Bk_2 C'_2 + P_p}{P_h} = 1,55 > 1,50 \text{ SICUMPLE POR DESLIZAMIENTO}$$

Factor de seguridad contra la falla de la capacidad de carga

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_R - M_0}{\Sigma v} = 0,059 < \frac{B}{6} = 1,033333 \text{ SICUMPLE}$$

$$q_{\text{máx}} = q_{\text{punta}} = \frac{\Sigma v}{B} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right) = 105,62 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{\text{mín}} = q_{\text{tazón}} = \frac{\Sigma v}{B} \left( 1 - \frac{6e}{B} \right) = 94,21 \text{ KN/m}^2$$

Para  $\phi_2' = 26,10$  (tabla 16,2)

$$N_c = 22,42$$

$$N_q = 11,98$$

$$N_\gamma = 8,14$$

$$q = \gamma_2 D = 29,92 \text{ KN/m}^2$$

$$B' = B - 2e = 6,08 \text{ m}$$

$$dc = 1 + 0,2\sqrt{Kp} \left( \frac{Df}{L} \right) = 1,124$$

$$dq = dY = 1 + 0,1\sqrt{Kp} \left( \frac{Df}{L} \right) = 1,062$$

$$\psi = \tan^{-1} \left( \frac{P_a \cos a}{\Sigma v} \right) = 20,22^\circ$$

$$i_c = i_q = \left( 1 - \frac{\psi}{90^\circ} \right)^2 = 0,601$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{\psi}{\phi_2'} \right)^2 = 0,0508 \approx 0$$

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot d_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma = 458,33 \text{ KN/m}^2$$

$$FS = \frac{q_u}{q_{\text{máx}}} = 4,339506 > 3 \text{ SICUMPLE POR CAPACIDAD DE CARGA}$$

Fuente: Elaboración propia (2021)

## Anexo 5: Presupuesto

### Muro de pirca corte 1

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>Materiales</b>				
m³	Piedra	40,00	140,35	5614,00
m³	Agua.	0,70	4,41	3,09
m³	Arena	0,40	40,33	16,13
kg	Cemento Portland Tipo I (42.5kg)	20,00	20,22	404,40
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>6037,62</b>
<b>Equipos</b>				
	Nivel topográfico AFL320 E=0,3" con trípode y accesorios	0,031	12,70	0,40
	Equipo de estación total precisión 5" G608M ó similar incl.prismas jalones telescópicos	0,016	31,76	0,50
h	Mezcladora de concreto.	0,242	4,88	1,18
<b>Subtotal equipos:</b>				<b>1,18</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Operario	0,300	21,910	6,57
h	Oficial	0,200	17,710	3,54
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>10,12</b>
<b>Herramientas</b>				
%	Herramientas	0,030	11,69	0,35
<b>Costos directos</b>				<b>6049,27</b>
<b>Área del muro (m2)</b>				<b>37,10</b>
<b>Costo del Muro x m2(S/.):</b>				<b>163,05</b>

Fuente: Elaboración propia (2021)

### Muro de llantas corte 1

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>Materiales</b>				
m³	Neumaticos fuera de uso	87,000	50,00	4350,00
	soga de nylon		5,50	
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>4350,00</b>
<b>Equipos</b>				
h	Nivel topográfico AFL320 E=0,3" con trípode y accesorios	0,031	12,70	0,40
h	Equipo de estación total precisión 5" G608M ó similar incl.prismas jalones telescópicos	0,016	31,76	0,50
<b>Subtotal equipos:</b>				<b>0,89</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	peon	0,030	15,970	0,48
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>0,48</b>
<b>Herramientas</b>				
%	Herramientas	0,030	0,48	0,01
<b>Costos directos</b>				<b>4351,39</b>
<b>Área del muro (m2)</b>				<b>106,00</b>
<b>Costo del Muro x m2(S/.):</b>				<b>41,05</b>

Fuente: Elaboración propia (2021)

## Muro de concreto corte 1

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>Materiales</b>				
Ud	Separador homologado para muros.	800	0,18	144
kg	Acero en varillas corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), de varios diámetros, según NTP 339.186 y ASTM A 706.	100,00	3,04	304,00
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,29	3,24	0,93
m	Tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado.	0,05	11,70	0,59
m³	Agua.	0,20	4,41	0,88
m³	Arena	0,50	40,33	20,12
m³	Agregado grueso homogeneizado, de tamaño máximo 12,5 mm.	0,62	54,86	34,23
kg	Cemento Portland Tipo I (42.5kg)	444,00	20,22	8977,68
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>322,04</b>
<b>Equipos</b>				
h	Mezcladora de concreto.	0,63	4,88	3,07
<b>Subtotal equipos:</b>				<b>3,07</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Operario fierro.	0,36	21,91	7,84
h	Oficial fierro.	0,46	17,71	8,08
h	Oficial de construcción de obra civil.	400,00	17,71	7084,00
h	Operario de construcción de obra civil.	350,00	21,91	7668,50
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>14768,42</b>
<b>Herramientas</b>				
%	Herramientas	150	319,2	47880
de mantenimiento decenal: S/. 15,96 en los primeros 10 años.			<b>Costos directos :</b>	<b>62973,52954</b>
<b>Área del muro (m2)</b>				<b>23,30</b>
<b>Costo del Muro x m2(S/.):</b>				<b>2702,73</b>

Fuente: Elaboración propia (2021)

## Muro de pirca corte 2

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>Materiales</b>				
m³	Piedra	40,00	140,35	5614,00
m³	Agua.	0,70	4,41	3,09
m³	Arena	0,40	40,33	16,13
kg	Cemento Portland Tipo I (42.5kg)	20,00	20,22	404,40
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>6037,62</b>
<b>Equipos</b>				
	Nivel topográfico AFL320 E=0,3" con trípode y accesorios	0,031	12,70	0,40
	Equipo de estación total precisión 5" G608M ó similar incl.prismas jalones telescópicos	0,016	31,76	0,50
h	Mezcladora de concreto.	0,242	4,88	1,18
<b>Subtotal equipos:</b>				<b>1,18</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Operario	0,300	21,910	6,57
h	Oficial	0,200	17,710	3,54
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>10,12</b>
<b>Herramientas</b>				
%	Herramientas	0,030	11,69	0,35
<b>Costos directos</b>				<b>6049,27</b>
<b>Área del muro (m2)</b>				<b>29,10</b>
<b>Costo del Muro x m2(S/.):</b>				<b>207,88</b>

Fuente: Elaboración propia (2021)

## Muro de llanta corte 2

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>Materiales</b>				
m³	Neumaticos fuera de uso	87,000	50,00	4350,00
	soga de nylon		5,50	
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>4350,00</b>
<b>Equipos</b>				
h	Nivel topográfico AFL320 E=0,3" con trípode y accesorios	0,031	12,70	0,40
h	Equipo de estación total precisión 5" G608M ó similar incl.prismas jalones telescópicos	0,016	31,76	0,50
<b>Subtotal equipos:</b>				<b>0,89</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	peon	0,030	15,970	0,48
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>0,48</b>
<b>Herramientas</b>				
%	Herramientas	0,030	0,48	0,01
<b>Costos directos</b>				<b>4351,39</b>
<b>Área del muro (m2)</b>				<b>19,93</b>
<b>Costo del Muro x m2(S/.):</b>				<b>218,33</b>

Fuente: Elaboración propia (2021)

## Muro de concreto de la corte 2

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>Materiales</b>				
Ud	Separador homologado para muros.	800	0,18	144
kg	Acero en varillas corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), de varios diámetros, según NTP 339.186 y ASTM A 706.	100,00	3,04	304,00
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,29	3,24	0,93
m	Tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado.	0,05	11,70	0,59
m³	Agua.	0,20	4,41	0,88
m³	Arena	0,50	40,33	20,12
m³	Agregado grueso homogeneizado, de tamaño máximo 12,5 mm.	0,62	54,86	34,23
kg	Cemento Portland Tipo I (42.5kg)	444,00	20,22	8977,68
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>322,04</b>
<b>Equipos</b>				
h	Mezcladora de concreto.	0,63	4,88	3,07
<b>Subtotal equipos:</b>				<b>3,07</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Operario fierro.	0,36	21,91	7,84
h	Oficial fierro.	0,46	17,71	8,08
h	Oficial de construcción de obra civil.	400,00	17,71	7084,00
h	Operario de construcción de obra civil.	350,00	21,91	7668,50
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>14768,42</b>
<b>Herramientas</b>				
%	Herramientas	150	319,2	47880
Coste de mantenimiento decenal: S/. 15,96 en los primeros 10 años.			<b>Costos directos :</b>	<b>62973,52954</b>
<b>Área del muro (m2)</b>				19,93
<b>Costo del Muro x m2(S/.):</b>				<b>3159,74</b>

Fuente: Elaboración propia (2021)