

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Incremento de la estabilidad de taludes utilizando pasto Vetiver
(Chryzopogon Zizanioides) aplicado al centro poblado Ajípampa, distrito
de Lajas – Chota**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Gian Carlos Chavez Guevara

ASESOR

Lucas Ludeña Gutierrez

<https://orcid.org/0000-0001-7903-3646>

Chiclayo, 2023

**Incremento de la estabilidad de taludes utilizando pasto Vetiver
(Chrysopogon Zizanioides) aplicado al centro poblado Ajípampa,
distrito de Lajas – Chota**

PRESENTADA POR
Gian Carlos Chavez Guevara

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Juan Merino Roncero
PRESIDENTE

Joaquin Hernan Rojas Oblitas
SECRETARIO

Lucas Ludeña Gutierrez
VOCAL

Dedicatoria

A mis padres, quien con sus consejos y buena crianza me han sabido formarme con valores, cariño y buenas costumbres, las cuales me han servido para seguir adelante en los momentos difíciles y ser una buena persona

Agradecimientos

A mi asesor de tesis y docentes por su tiempo y dedicación al brindarme sus enseñanzas y experiencia durante toda mi etapa universitaria, lo cual me va a servir para ser un buen profesional

Tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|---|----|
| 1 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 6% |
| 2 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 2% |
| 3 | proteccioncivilasesorias.com Fuente de Internet | 1% |
| 4 | repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 5 | 1library.co Fuente de Internet | 1% |
| 6 | www.ingcivilfree.com Fuente de Internet | 1% |
| 7 | www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet | 1% |
| 8 | dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet | 1% |
| 9 | repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet | 1% |

Índice

| | |
|---|----|
| Resumen | 12 |
| Abstract | 13 |
| Introducción | 14 |
| Revisión de literatura | 17 |
| Antecedentes de la investigación..... | 17 |
| Base Teórico Científicas..... | 19 |
| Estabilidad de taludes | 19 |
| Tipos de deslizamientos de talud | 19 |
| Caída de rocas | 20 |
| Volcamiento o Basculamiento | 21 |
| Deslizamientos | 22 |
| Separación lateral..... | 23 |
| Flujos..... | 24 |
| Movimientos complejos..... | 25 |
| Parámetros resistentes..... | 25 |
| Análisis de seguridad del talud | 28 |
| Métodos de cálculo de estabilidad de taludes | 30 |
| Método de las dovelas | 30 |
| Método de Bishop..... | 31 |
| Método de Spencer | 35 |
| Análisis estático y pseudoestático | 37 |
| Consideraciones estáticas..... | 37 |
| Consideraciones Pseudoestáticas | 38 |
| Pasto Vetiver (Chryzopogon Zizanioides) | 39 |
| Pasto Vetiver aplicado a la estabilización de taludes | 41 |
| Materiales y Métodos | 44 |
| Tipo y Nivel de Investigación | 44 |
| Diseño de investigación..... | 44 |
| Población y muestra..... | 45 |
| Operalización de variables..... | 45 |
| Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 46 |
| Técnicas de análisis de datos | 47 |
| Metodología | 47 |
| Ejecución | 50 |
| Ubicación de zona de estudio | 50 |

| | |
|---|----|
| Levantamiento Topográfico de zona de estudio..... | 51 |
| Trabajos de campo..... | 53 |
| Ensayos de DPL sin mejoramiento de Pasto Vetiver..... | 53 |
| Obtención de muestra mediante calicatas | 55 |
| Siembra de Pasto Vetiver..... | 57 |
| Ensayo de DPL con mejoramiento de Pasto Vetiver | 61 |
| Análisis de muestras en laboratorio..... | 62 |
| Clasificación de suelo por Perfil Estratigráfico | 62 |
| Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado..... | 65 |
| Ensayo de Contenido de Humedad | 69 |
| Ensayo de Limites de Consistencia..... | 71 |
| Casos de aplicación | 77 |
| Análisis estático del talud | 77 |
| Análisis Pseudoestático del talud..... | 77 |
| Matriz de consistencia | 78 |
| Resultados | 79 |
| Análisis de la zona de estudio..... | 79 |
| Ubicación de zona de estudio | 79 |
| Análisis de geología y sismicidad del talud..... | 80 |
| Geomorfología | 80 |
| Estratigrafía..... | 81 |
| Geodinámica interna (Sismicidad)..... | 81 |
| Geodinámica externa | 82 |
| Topografía de zona de estudio | 83 |
| Análisis geológico de zona de estudio | 83 |
| Ensayo de DPL sin mejoramiento de Pasto Vetiver..... | 83 |
| Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado | 89 |
| Clasificación de suelo por AASHTO Y SUCS | 90 |
| Estimación de tipo de suelo a escoger para realizar el análisis..... | 90 |
| Ensayo de Contenido de Humedad..... | 91 |
| Ensayo de Limites de Consistencia | 92 |
| Ensayo de Limite Líquido del suelo | 92 |
| Ensayo de Limite Plástico del Suelo..... | 92 |
| Clasificación de suelo por Perfil Estratigráfico | 93 |
| Ensayo de DPL con mejoramiento de Pasto Vetiver..... | 93 |
| Correlación de resultados obtenidos..... | 97 |
| Correlaciones de ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL) al ensayo de Penetración | |

| | |
|---|-----|
| Estándar (SPT)..... | 97 |
| Correlaciones del ensayo de Penetración Estándar (SPT) para hallar la Cohesión no drenada (Cu)..... | 97 |
| Correlaciones para talud sin aplicar mejoramiento con pasto Vetiver..... | 99 |
| Correlaciones para talud con mejoramiento con pasto Vetiver | 107 |
| Cálculo de factor de seguridad | 114 |
| Análisis estático de estabilidad de taludes..... | 118 |
| Sin mejoramiento | 118 |
| Con mejoramiento..... | 120 |
| Análisis pseudoestático de estabilidad de taludes | 121 |
| Determinación de coeficiente sísmico K_v | 121 |
| Sin mejoramiento | 123 |
| Con mejoramiento..... | 124 |
| Comparación de factores de seguridad obtenidos para el talud sin y con mejoramiento de pasto Vetiver..... | 125 |
| Análisis estático | 125 |
| Análisis Pseudoestático..... | 126 |
| Discusión..... | 128 |
| Conclusiones | 129 |
| Recomendaciones..... | 130 |
| Bibliografía..... | 131 |
| Anexos..... | 133 |
| Anexo N° 01: Ensayos de campo sin mejoramiento de pasto Vetiver | 133 |
| Anexo N° 02: Ensayos de campo con mejoramiento de pasto Vetiver | 144 |
| Anexo N° 04: Ensayos de laboratorio | 151 |
| Anexo N° 05: Planos de levantamiento topográfico | 167 |
| Anexo N° 06: Planos de diseño de sembrado de sembrado de pasto Vetiver | 169 |
| Anexo N° 07: Perfil longitudinal – Eje A | 171 |
| Anexo N° 08: Perfil longitudinal – Eje B | 173 |
| Anexo N° 09: Mapa geológico del cuadrángulo de chota (INGEMMET) | 175 |
| Anexo N° 09: Mapa de aceleraciones para periodo de retorno de 100 años | 177 |

Lista de imágenes

| | |
|---|----|
| Imagen 1. Censo de vivienda Ajipampa..... | 14 |
| Imagen 2. Deslizamiento de talud en Ajipampa | 15 |
| Imagen 3. Desprendimientos o caídas..... | 21 |
| Imagen 4. Volcamiento o Basculamiento | 21 |
| Imagen 5. Deslizamiento traslacional | 22 |
| Imagen 6. Deslizamiento rotacional..... | 23 |
| Imagen 7. Separación Lateral..... | 24 |
| Imagen 8. Flujos..... | 24 |
| Imagen 9. Criterios de rotura Mohr - Columbus..... | 26 |
| Imagen 10. Gráfico de esfuerzo normal vs esfuerzo tangencial | 26 |
| Imagen 11. Grafico de resistencia vs deformación | 27 |
| Imagen 12. Sección de masa limitada por un plano de falla | 30 |
| Imagen 13. Fuerzas que intervienen en una dovela | 31 |
| Imagen 14. Divisiones de talud en método Bishop..... | 32 |
| Imagen 15. Diagrama de cuerpo libre de una dovela..... | 33 |
| Imagen 17. Diagrama de fuerzas de equilibrio de la dovela por método Spencer..... | 35 |
| Imagen 16. Fuerzas laterales que actúan sobre las dovelas en método Spencer..... | 35 |
| Imagen 18. Superficie mas desfavorable de rotura para el caso estático | 38 |
| Imagen 19. Vistas de tallos y hojas de Pasto Vetiver..... | 39 |
| Imagen 20. Cuadro de altura vs tiempo de crecimiento del pasto Vetiver..... | 40 |
| Imagen 21. Resistencia a la tensión de raíces más usadas para contención de taludes..... | 41 |
| Imagen 22. Diagrama de sembrado de pasto Vetiver para estabilización de taludes..... | 41 |
| Imagen 23. Función de las raíces del pasto Vetiver para estabilizar un talud..... | 43 |
| Imagen 24. Sistema de cercos vegetales en la estabilización de taludes con pasto Vetiver | 44 |
| Imagen 25. Área de levantamiento topográfico | 51 |
| Imagen 26. Toma de puntos de talud | 52 |
| Imagen 27. Toma de puntos topográficos en carretera y colegio Ajipampa..... | 52 |
| Imagen 28. Armado de equipo DPL..... | 53 |
| Imagen 29. Realización de ensayo DPL..... | 54 |
| Imagen 30. Realización de ensayo DPL..... | 54 |
| Imagen 31. Toma de numero de golpes en cuaderno de campo | 55 |
| Imagen 32. Excavación de calicatas..... | 56 |
| Imagen 33. Toma de coordenadas de ubicación de calicatas | 56 |
| Imagen 34. Extracción de muestras de calicatas | 57 |
| Imagen 35. Distancias entre tramos de superficie e intervalo vertical..... | 58 |
| Imagen 36. Plano de distancias de plantaciones de pasto Vetiver | 58 |
| Imagen 37. Plano de distancias de plantaciones de pasto Vetiver | 58 |
| Imagen 38. Aclimatación de esquejes | 59 |
| Imagen 39. Aclimatación de esquejes | 59 |
| Imagen 40. Medición de distancias de sembrado en campo | 59 |
| Imagen 41. Medición de distancias de sembrado en campo | 59 |
| Imagen 42. Sembrado de esquejes | 60 |
| Imagen 43. Sembrado de esquejes | 60 |
| Imagen 44. Bosquejo de sembrado en campo | 60 |
| Imagen 45. Bosquejo de sembrado en campo | 60 |
| Imagen 46. Ensayo DPL a talud con mejoramiento con pasto Vetiver..... | 61 |
| Imagen 47. Ensayo de DPL aplicado a talud con mejoramiento con pasto Vetiver..... | 61 |
| Imagen 48. Clasificación de suelos gruesos - SUCS | 63 |

| | |
|--|-----|
| Imagen 49. Clasificación de suelos finos - SUCS..... | 64 |
| Imagen 50. Clasificación de suelos según AASHTO | 64 |
| Imagen 51. Pesado de 1500 gr de muestra para análisis granulométrico..... | 65 |
| Imagen 52. Secado de muestra mediante estufa..... | 66 |
| Imagen 53. Lavado de muestra por el tamiz N° 200..... | 66 |
| Imagen 54. Muestra lavada por tamiz N° 200..... | 67 |
| Imagen 55. Tamizado de muestra | 68 |
| Imagen 56. Pesado de muestra retenida | 68 |
| Imagen 57. Pesado de la muestra | 69 |
| Imagen 58. Secado de muestra en estufa..... | 70 |
| Imagen 59. Aparato manual para limite liquido..... | 71 |
| Imagen 60. Muestreo en la copa..... | 71 |
| Imagen 61. Preparación de mezcla homogénea | 72 |
| Imagen 62. Mezcla homogénea en reposo | 72 |
| Imagen 63. Corte de ranura para limite liquido | 73 |
| Imagen 64. Ensayo en la copa Casagrande | 73 |
| Imagen 65. Curva de flujo..... | 74 |
| Imagen 66. Formación de cilindros..... | 75 |
| Imagen 67. Bastoncillo de 3.2 mm de diámetro..... | 76 |
| Imagen 68. Ubicación de talud de aplicación de pasto Vetiver | 79 |
| Imagen 69. Carta geológica nacional | 80 |
| Imagen 70. Mapa sísmico del Perú | 82 |
| Imagen 71. Decisión de tipo de suelo mediante carta de plasticidad de Casagrande | 91 |
| Imagen 72. Ecuación de la recta para correlación de N_{dpl} a N_{spt} | 97 |
| Imagen 73. Correlaciones empíricas para cohesión no drenada | 98 |
| Imagen 74. Interfaz de software Slide V6.0..... | 114 |
| Imagen 75. Selección de métodos de análisis de estabilidad | 114 |
| Imagen 76. Datos geotécnicos de estrato "CH 1" - Talud sin pasto Vetiver..... | 115 |
| Imagen 77. Datos geotécnicos de estrato "CH 2" - Talud sin pasto Vetiver..... | 116 |
| Imagen 78. Datos geotécnicos de estrato "CH 1" - Talud con pasto Vetiver..... | 116 |
| Imagen 79. Datos geotécnicos de estrato "CH 3" - Talud sin pasto Vetiver..... | 116 |
| Imagen 80. Datos geotécnicos de estrato "CH 2" - Talud con pasto Vetiver..... | 117 |
| Imagen 81. Análisis del factor de seguridad mediante Slide V6.0 | 117 |
| Imagen 82. Análisis estático, método Bishop sin Vetiver - Talud A | 118 |
| Imagen 83. Análisis estático, método Spencer sin Vetiver - Talud A | 118 |
| Imagen 84. Análisis estático, método Spencer sin Vetiver - Talud B..... | 119 |
| Imagen 85. Análisis estático, método Bishop sin Vetiver - Talud B | 119 |
| Imagen 86. Análisis estático, método Spencer con Vetiver - Talud A | 120 |
| Imagen 87. Análisis estático, método Bishop - Talud A..... | 120 |
| Imagen 88. Coeficiente de sismo | 122 |
| Imagen 89. Análisis Pseudoestático, método Spencer - Talud A..... | 123 |
| Imagen 90. Análisis Pseudoestático, método Bishop - Talud A | 123 |
| Imagen 91. Análisis pseudoestático, método Spencer con Vetiver - Talud A..... | 124 |
| Imagen 92. Análisis pseudoestático, método Bishop - Talud A | 124 |

Lista de tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Clasificación y tipo de material de los deslizamientos (Varnes 1978) | 20 |
| Tabla 2. Coeficientes de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes | 29 |
| Tabla 3. Operalización de variables | 46 |
| Tabla 4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 47 |
| Tabla 5. Criterios de clasificación del metodo AASHTO..... | 65 |
| Tabla 6. Tamices usados para análisis granulométrico | 67 |
| Tabla 7. Determinación del factor k según el número de golpes | 75 |
| Tabla 8. Matriz de consistencia..... | 78 |
| Tabla 9. Propiedades geométricas del talud | 83 |
| Tabla 10. DPL sin pasto Vetiver para punto N° 01 | 83 |
| Tabla 11. DPL sin pasto Vetiver para punto N° 02..... | 85 |
| Tabla 12. DPL sin pasto Vetiver para punto N° 03..... | 86 |
| Tabla 13. DPL sin pasto Vetiver para punto N° 04..... | 87 |
| Tabla 14. DPL sin pasto Vetiver para punto N° 05..... | 88 |
| Tabla 15. Resultados de granulometría por tamizado | 89 |
| Tabla 16. Resultados de clasificación según AASHTO y SUCS..... | 90 |
| Tabla 17. Parámetros de Atterberg de calicatas | 90 |
| Tabla 18. Resumen de resultados de contenido de humedad | 91 |
| Tabla 19. Resumen de Iso resultados de limite liquido..... | 92 |
| Tabla 20. Resultados de limite plástico e índice de plasticidad | 92 |
| Tabla 21. Registro de excavación de calicatas | 93 |
| Tabla 22. DPL con pasto Vetiver para el punto N° 01 | 94 |
| Tabla 23. DPL con pasto Vetiver para punto N° 02..... | 94 |
| Tabla 24. DPL con pasto Vetiver para el punto N° 03..... | 95 |
| Tabla 25. DPL con pasto Vetiver para el punto N° 04..... | 96 |
| Tabla 26. DPL con pasto Vetiver para punto N° 05..... | 96 |
| Tabla 27. Correlaciones DPL sin Vetiver punto N° 01 - Cu..... | 99 |
| Tabla 28. Correlaciones DPL sin Vetiver punto N° 02 - Cu..... | 101 |
| Tabla 29. Correlaciones DPL sin Vetiver punto N° 03 - Cu..... | 102 |
| Tabla 30. Correlaciones DPL sin Vetiver punto N° 04 - Cu..... | 103 |
| Tabla 31. Correlaciones DPL sin Vetiver punto N° 05 - Cu..... | 105 |
| Tabla 32. Promedio Cohesión no drenada - Talud sin pasto Vetiver..... | 106 |
| Tabla 33. Correlaciones DPL con Vetiver punto N° 01 - Cu..... | 107 |
| Tabla 34. Correlaciones con Vetiver punto N° 02 - Cu | 108 |
| Tabla 35. Correlaciones DPL con Vetiver punto N° 03 - Cu..... | 109 |
| Tabla 36. Correlaciones DPL con Vetiver punto N° 04 - Cu..... | 110 |
| Tabla 37. Correlaciones DPL con Vetiver punto N° 05 - Cu..... | 111 |
| Tabla 38. Promedio Cohesión no drenada - Talud con mejoramiento de pasto Vetiver..... | 113 |
| Tabla 39. Cuadro resumen de factor de seguridad - Análisis estático | 121 |
| Tabla 40. Cuadro resumen de factor de seguridad - Análisis pseudoestatico | 125 |
| Tabla 41. Incremento de factor de seguridad - Análisis estático | 125 |
| Tabla 42. Incremento de factor de seguridad - Análisis Pseudoestatico | 126 |

Lista de gráficos

| | |
|--|-----|
| Gráfico 1. Correlación talud sin mejoramiento - Punto N° 01 | 100 |
| Gráfico 2. Correlación talud sin mejoramiento - Punto N° 02..... | 102 |
| Gráfico 3. Correlación talud sin mejoramiento - Punto N° 03..... | 103 |
| Gráfico 4. Correlación talud sin mejoramiento - Punto N° 04..... | 104 |
| Gráfico 5. Correlación talud sin mejoramiento - Punto N° 01 | 106 |
| Gráfico 6. Comparación de puntos de cohesión no drenada para talud sin Vetiver | 106 |
| Gráfico 7. Correlación talud con mejoramiento - Punto N° 01..... | 108 |
| Gráfico 8. Correlación talud con mejoramiento - Punto N° 02..... | 109 |
| Gráfico 9. Correlación talud con mejoramiento - Punto N° 03..... | 110 |
| Gráfico 10. Correlación talud con mejoramiento - Punto N° 04..... | 111 |
| Gráfico 11. Correlación talud con mejoramiento - Punto N° 05..... | 112 |
| Gráfico 12. Promedio de puntos de cohesión no drenada - Talud con mejoramiento de pasto Vetiver | 113 |
| Gráfico 13. Factores de seguridad - análisis estático | 126 |
| Gráfico 14. Factores de seguridad - Análisis Pseudoestático..... | 127 |

Resumen

Esta investigación evalúa el incremento de la estabilización de taludes mediante el sembrado de pasto Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) como una alternativa ante los deslizamientos ocurridos en el talud ubicado en el Centro Poblado Ajipampa, Lajas – Chota, en el cual se ha producido deslizamientos generados por factores físicos, geológicos o climáticos.

Por ello, se ha calculado el incremento de la resistencia del suelo mediante ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL), que mediante correlaciones se llega a determinar los valores de la cohesión no drenada que tiene cada estrato del talud, para que por último mediante el software Slide V6.0 se obtuvieran los factores de seguridad mediante los métodos de Spencer y Bishop para los casos del talud sin y con mejoramiento de pasto Vetiver.

Mediante esta investigación se refleja un incremento de los factores de seguridad del 20.038% y 20.181% para el análisis estático y de 26.171% y 27.371% para el análisis pseudoestático realizado al talud con el sembrado del pasto Vetiver en los primeros 4 meses, estos valores hallados mediante los métodos antes mencionados.

Palabras Clave: taludes, estabilización, análisis estático, análisis pseudoestático, factor de seguridad, pasto vetiver.

Abstract

This research evaluates the increase of slope stabilization through planting of Vetiver grass (*Chrysopogon Zizanioides*) as an alternative to the landslides occurred on the slope located in the Ajipampa community, Lajas - Chota, which there have been happened landslides generated by physical, geological or climatic factors.

For this reason, it have been calculated the increase of soil resistance by means of Light Dynamic Penetration tests (DPL), that through correlations are able to determine the values of the undrained cohesion in each stratum of the slope, to finally through the Slide V6.0 software, obtained the factors of safety using the Spencer and Bishop methods for the cases of the slope without and with improvement of Vetiver grass.

Through this research is reflected an increase in the factors of safety of 20.038% and 20.181% for the static analysis and 26.171% and 27.371% for the pseudo-static analysis performed on the slope with the planting of Vetiver grass in the first fourth months is reflected, these values have been found by the methods mentioned.

Keywords: slopes, stabilization, static analysis, pseudostatic analysis, safety factor, Vetiver grass.

Introducción

El deslizamiento de taludes es un problema que perjudica a muchas obras civiles en las que las actividades están vinculadas con construcción de diques, terraplenes, presas, entre otras ya que es parte fundamental de estas actividades de construcción de estas. Además, de que es una situación que preocupa a las poblaciones que se encuentran expuestas a riesgos de deslizamientos o huaycos por motivo de lluvias, ya que ocasionan pérdidas humanas como económicas cuando estos efectos se producen.

El Centro Poblado Ajipampa está situado entre la carretera Chota – Chiclayo y se encuentra sobre la progresiva 138+250 m y está ubicado a 3.25 kilómetros aproximadamente desde la ciudad de Lajas, en esta ubicación se encuentra la I.E. 10440 en la que estudian 15 alumnos sus actividades lectivas y labora un docente – director y cuenta con 18 viviendas y 40 pobladores según el último censo realizado por INEI.

Imagen 1. Censo de vivienda Ajipampa

| Descripción | Total |
|-----------------------------------|---------------------|
| DEPARTAMENTO | CAJAMARCA |
| PROVINCIA | CHOTA |
| DISTRITO | LAJAS |
| CENTRO POBLADO | AJIPAMPA |
| CATEGORIA | - |
| CODIGO DE UBIGEO Y CENTRO POBLADO | 0604100020 |
| LONGITUD | -78.7644533333 |
| LATITUD | -6.55130333333 |
| ALTITUD | 1997.9 |
| POBLACION | 40 |
| VIVIENDA | 18 |
| AGUA POR RED PUBLICA | si |
| ENERGIA ELECTRICA EN LA VIVIENDA | si |
| DESAGUE POR RED PUBLICA | no |
| VIA DE MAYOR USO | carretera asfaltada |
| TRANSPORTE DE MAYOR USO | automovil |
| FRECUENCIA | - |

Fuente: INEI

Cuando en esta zona se producen deslizamiento de taludes ya sea por factores geológicos, geomecánicos o factores meteorológicos, se genera el estancamiento de los vehículos que transcurren por esta zona y a su vez generan pérdidas económicas, donde también en épocas de lluvias se afecta directamente la institución educativa como a otras viviendas cercanas quedando tapada por el barro y piedras, haciéndoles perder sus actividades por aproximadamente un mes hasta que se realicen los trabajos de limpieza.

Imagen 2. Deslizamiento de talud en Ajipampa



Fuente: Propia.

Las técnicas de estabilización de suelos son muy costosas y requieren de un proceso constructivo muy amplio, por lo que con este estudio se propone la técnica de estabilización aplicando Pasto Vetiver, que es un método económico y ecológico que se viene usando en otros países para estabilizar los taludes, para así dar a conocer la resistencia que le otorga al suelo, beneficios, costos, mantenimiento de estas plantaciones y pueda ser aplicada en distintas zonas del país.

Por ello mediante esta investigación surge la pregunta ¿Se podrá incrementar la estabilización de taludes usando el pasto Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*), en el Centro Poblado de Ajipampa, distrito de Lajas - Chota?.

En base en la investigación se tiene como objetivo general: “Proponer la aplicación de Pasto Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) para el incremento de la estabilización de taludes en el Centro Poblado Apampa, distrito de Lajas – Chota”, donde de igual manera se plantearon los siguientes objetivos específicos: (a) Analizar la resistencia del suelo mediante ensayos de penetración Dinámica Ligera para talud con refuerzo y sin refuerzo de pasto Vetiver. (b) Determinar y estudiar la geología y geotecnia que afectan al talud. (c) Identificar los criterios para la siembra de Pasto vetiver en la estabilización de taludes. (d) Realizar el análisis de estabilidad en condiciones estáticas y pseudoestáticas de carga. (e) Realizar el modelamiento de la influencia de Pasto Vetiver en la estabilidad de taludes.

Respecto a la justificación de la investigación se tomaron los 4 apartados más importantes en los que nos hemos basado para proponer esta investigación, las cuales son: (a) Justificación técnica: La presente investigación nos permite conocer con mayor profundidad como la siembra de pasto vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) influye en la resistencia de desplazamiento de los taludes, para usarlo en el cálculo y el análisis de estabilización de taludes por medio de ensayo de Penetración Dinámica Ligera. (b) Justificación social: Las plantaciones del pasto Vetiver va a prevenir el desplazamiento de taludes ya que el Centro Poblado de Ajipampa presenta un peligro latente debido a la inestabilidad del suelo. Ante la correcta aplicación de Vetiver para estabilización de taludes, se podrá mitigar en forma parcial o total y controlar el talud que en épocas viene afectando de manera directa a la I.E. 10440, principalmente en las épocas de lluvia. (c) Justificación económica: Mediante esta investigación se plantea evaluar en qué medida la aplicación de pasto Vetiver para la estabilización de taludes es eficaz, ecológica, autosustentable o en que cantidad disminuye el costo con relación a los métodos tradicionales de estabilización de taludes. (d) Justificación ambiental: Mediante esta investigación se evaluará el bajo impacto ambiental que se tendrá al aplicar pasto vetiver como alternativa de estabilización de taludes a comparación de otros métodos.

Revisión de literatura

Antecedentes de la investigación

Se ha indagado acerca de los diferentes estudios realizados en la utilización del pasto Vetiver como estabilizante de taludes a nivel nacional e internacional relacionados con el trabajo de investigación, siendo los siguientes:

En la tesis de Grado: **“Viabilidad de la implementación del pasto vetiver para la estabilización de taludes en Colombia periodo I, año 2014”**, de los autores Escobar y Orduña investigan bajo qué condiciones geológicas y climáticas en la ciudad de Colombia es viable el sembrado del pasto Vetiver para la estabilización de taludes, mediante la revisión bibliográfica de zonas en las cuales se ha plantado Vetiver en diferentes zonas del mundo, determina las técnicas del sembrado y mantenimiento que se debe seguir para obtener buenos resultados mediante el pasto Vetiver, por ultimo determina las ventajas del Vetiver y las posibles zonas de plantación así como contrasta las ventajas económicas y ambientales que este pasto produce en el suelo en comparación de los métodos tradicionales de estabilización de taludes.

En la tesis de Pregrado: **“Análisis para la reducción de riesgos utilizando el pasto vetiver en el talud ubicado en el parque ecológico Las Ardillas – Guatemala”**, en la cual el autor Wellman Castellanos, realizo esta tesis de pregrado en Guatemala , en la cual en primer lugar se revisó los antecedentes del uso del pasto Vetiver en diferentes países con climas similares, así como las características de riego, las características del pasto Vetiver; Luego analizo el comportamiento al momento de fallar de los taludes, así como topografía y tipo de suelo, para finalizar con un ensayo de tensión para poder determinar el esfuerzo máximo a tensión de las raíces trenzadas de Vetiver sometiénolas a la ruptura de 11 ensayos , mediante la máquina de ensayos JBA , Instrument J. Bot S.A. , la cual sirve para realizar el estudio a tracción de las raíces.

En la tesis Pregrado: **“Estabilización de taludes mediante la técnica de bioingeniería con cultivo de pastos vetiver en zonas tropicales, año 2019”**, Sánchez Pilpa, identificó la variabilidad de estabilidad del suelo mediante el aporte de las raíces del pasto Vetiver para la resistencia de talud de un tramo de la carretera Pozuzo, progresiva 33+ 450 Km. Mediante la metodología de aplicar las raíces de Vetiver en el terreno, mediante estudios de las

propiedades del suelo, determinación de las propiedades mecánicas del suelo, la evaluación de las propiedades de resistencia al corte, obtener la evaluación de la estabilidad mediante esta técnica y por último se realiza un estudio comparativo entre el método de estabilización mediante la implantación de raíces de Vetiver versus el método de corte de taludes “Banquetas”.

En la tesis Pregrado: **“Reducción de la erosión hídrica del suelo, con la utilización de Vetiveria Zizanioides en la microcuenca de Tingoragra – Nauyan Rondos, provincia de Huánuco, 2017”**, En esta investigación la autora Nirvana Candy, Mays Arratea analizó la variación de la erosión hídrica mediante la utilización de Vetiveria Zizanioides sembrada en el suelo, aplicando varios procedimientos como el de analizar los parámetros físico-químico de los ensayos de laboratorio, se evaluó las condiciones climáticas mediante la información meteorológica de la zona, cuantifico el volumen de suelo erosionado por la precipitación y cuantificar la disminución de suelo erosionado por precipitación del suelo sembrado con Vetiveria en microparcels mediante la medición de suelo erosionado y sedimentado a travez del método de varillas de erosión en el suelo con y sin plantaciones de Vetiver en la microcuenca de Tingoragra – Rondos.

En la tesis de Pregrado: **“Propuesta de estabilización de taludes con pasto vetiver (Chrysopogon zizanioides, L.) en el canal de irrigación – Tingo de Ponaza”**. En este trabajo el autor Huamani Astoquilca, Fray se propone las medidas técnicas de estabilización de taludes con pasto Vetiver para aplicarlo en el canal de irrigación de Tingo de Ponaza, en este estudio también se establecen los criterios básicos que se deben tener al momento de utilizar esta técnica de bioingeniería en cualquier proyecto que este sufriendo de deslizamientos o erosión de suelos, finalmente el autor realiza un presupuesto para la estabilización de taludes con pasto Vetiver en el cual estima los costos de cada partida necesaria para poder realizar este método, empezando por obras preliminares, costos de instalación y costos de mantenimiento del pasto Vetiver.

Base Teórico Científicas

Estabilidad de taludes

Los taludes son superficies inclinadas respecto a la horizontal que adopta permanentemente las estructuras de tierra en forma natural o como consecuencia de la intervención humana en una obra de ingeniería [1].

Los taludes son laderas que se pueden producir de manera natural o artificial. Cuando se habla de taludes naturales, se entiende por taludes que son formados por fallas geológicas de cierta parte de tierra a lo largo del tiempo. Cuando se habla de taludes artificiales, estos son producidos por intervención humana para que puedan satisfacer necesidades en obras de construcción.

El análisis y evaluación de pendientes se lleva a cabo mediante un estudio que determina la resistencia del suelo, se define el perfil del talud y además evalúa las condiciones de infiltración y agua subterránea que afecta al talud. Para por último determinar el factor de seguridad referente a una falla crítica. [2].

Como se mencionó anteriormente, la vulnerabilidad sísmica está relacionada directamente con las características estructurales de un edificio; ya que mientras usen esquemas irregulares se tendrá mayor fuerza sísmica y por ende mayor vulnerabilidad sísmica.

En el estudio de la estabilidad de taludes se ocupa de los fenómenos de colapso del suelo, en donde los agentes externos que provocan inestabilidad es una fuerza de masa, el peso, los efectos de filtración y eventualmente cargas externas [3].

Tipos de deslizamientos de talud

Los deslizamientos de taludes se dan de diversos modos según las cargas que estos soportan, el tipo de geología, etc. Los cuales se dividen y clasifican según la forma de rotura que estos llegan a tener, esta clasificación es necesaria al momento de evaluar medidas de contención, ya que por lo opuesto se pueden optar mediadas que sean poco eficientes o contraproducentes al talud.

Por ello, Varnes (1978) emplea como criterio principal la clasificación, el tipo de movimiento y el tipo de material, mediante ello llega a dividir los tipos de movimientos en: caídas, volcamientos, desplazamientos, propagaciones y flujos [4]. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación y tipo de material de los deslizamientos (Varnes 1978)

| Tipo de Movimiento | | Tipo de material | | |
|-----------------------------|--------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|
| | | Roca | Suelo | |
| | | | De Grano Grueso | De Grano Fino |
| Caída | | De rocas | De detritos | De suelos |
| Volcamiento o Basculamiento | | De rocas | De detritos | De suelos |
| Deslizamiento | Rotacional | De rocas | De detritos | De suelos |
| | Traslacional | De rocas | De detritos | De suelos |
| Separación Lateral | | De rocas | De detritos | De suelos |
| Flujos | | De rocas | De detritos | De suelos |
| Movimientos Complejos | | Combinación de dos o más peligros | | |

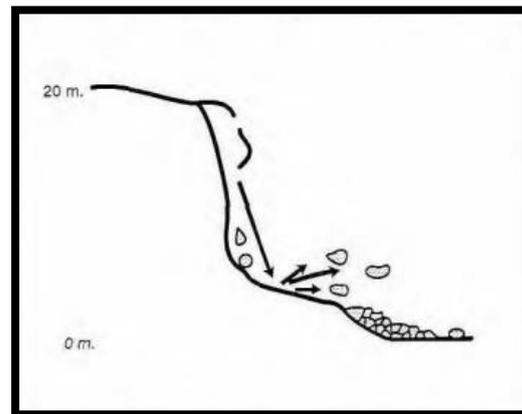
Adaptado de INDECI: Manual de estimación de riesgo ante movimientos en masa en laderas

Caída de rocas

Las caídas de rocas son aquellas que presentan una rotura brusca de un bloque de masa de un talud o ladera muy empinados, este tipo de deslizamiento se caracteriza por tener una caída libre donde el mayor recorrido de sus partículas se da por el medio aéreo, este tipo de deslizamientos se produce por factores desencadenantes como lluvias intensas, sismos erosiones, socavamiento, explosiones, etc.

En estos casos la velocidad de caída puede ser rápida o muy rápida a menos de que la masa desplazada sufra socavamiento o incisión y el desprendimiento o caída este precedido por deslizamientos o vuelcos que separen el material desplazado de la masa intacta [5]. Este tipo de deslizamiento ocurre de forma rápida y no da tiempo a eludir los efectos de este. Ver Imagen 3.

Imagen 3. Desprendimientos o caídas



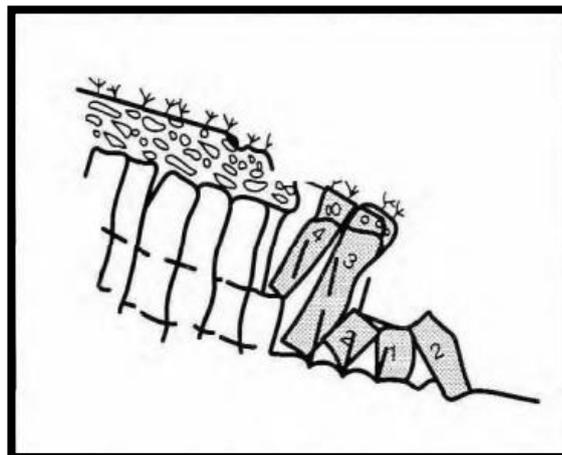
Fuente: Revista científica Scielo

Volcamiento o Basculamiento

Este tipo de deslizamiento consiste en la rotación o giros de masas de suelo, detritos o roca con presencia de discontinuidades de bloques o columnas, teniendo como eje de giro su propia base, por ende, de su centro de gravedad.

Respecto al volcamiento su movimiento se ve reflejado hacia adelante o hacia los costados, lo cual involucra inclinación o basculamiento, pero no colapsar. A menudo acontecen estos efectos en taludes, en materiales con un sistema de discontinuidades preferencial como diaclasas, grietas de tensión o superficies columnares. Se clasifican en vuelcos o desplome de rocas, de derrubios o detritos y de suelos [5]. Ver Imagen 4.

Imagen 4. Volcamiento o Basculamiento



Fuente: Revista científica Scielo

Deslizamientos

Los deslizamientos de taludes, es el movimiento hacia debajo de una masa de suelo, detritos o roca, la cual ocurre sobre una superficie de rotura identificable. Frecuentemente, la formación de grietas transversales es la primera señal de que ocurren este tipo de movimientos, las cuales están localizadas en áreas ocupadas por el escarpe principal. [5]

La superficie de ruptura determina el tipo de deslizamiento, por lo que los taludes que tienen forma cóncava, curva o en forma de cuchara se asocian a este tipo de deslizamientos, mientras que las superficies de ruptura semiplanas u onduladas se asocian a los movimientos traslacionales. (Ver Imagen 5 e Imagen 6).

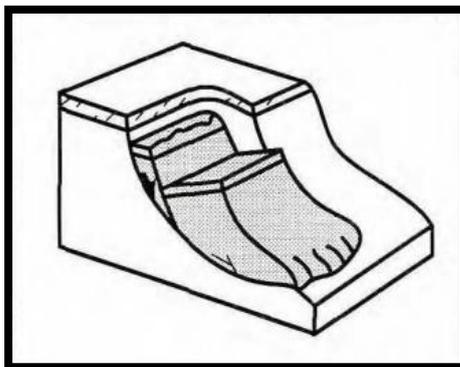
Deslizamientos traslacionales

Este tipo de deslizamiento es muy destructivo y en la mayoría de casos se da de manera repentina. El tipo de suelo que se tiene mayormente en este talud son suelos rocosos.

Este tipo de deslizamientos suele ocurrir mayormente de las siguientes maneras:

- Rocas sedimentarias que contengan pendientes similares o menor a la inclinación del talud. [6]
- Discontinuidades como fallas, foliaciones o diaclasas que forman planos débiles, los cuales interpretan las superficies del talud. [6]
- Intersección de diaclasas o discontinuidades que al producirse provocan una falla de bloque en forma de cuña. [6]

Imagen 5. Deslizamiento traslacional



Fuente: Revista científica Scielo

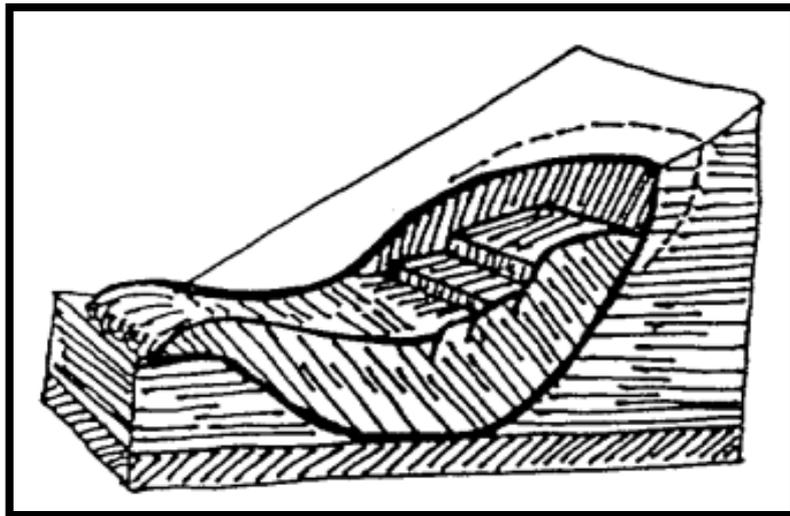
Deslizamientos rotacionales

Los deslizamientos rotacionales se ocurren en su mayoría en suelos cohesivos. Ocurren comúnmente en suelos homogéneos, se caracterizan en que en la superficie de falla, la cual tiene forma curva o de cuchara, para este tipo de deslizamiento la masa de desplazamiento se acumula al pie de la ladera, así como un lóbulo. [7]

La rotura por este tipo de deslizamientos se da en cualquier lado del talud (Superficie de rotura en pie de talud, superficie de rotura en base del talud y superficies de rotura de talud), así mismo la velocidad de deslizamiento en este caso es de moderada a lenta y puede ser acelerada mediante lluvias intensas.

Entre las causas que producen este tipo de deslizamiento se encuentran el incremento de la inclinación del talud, las fuerzas que se producen al momento de filtración en el suelo y la meteorización

Imagen 6. Deslizamiento rotacional



Fuente: Guía para identificación de taludes.

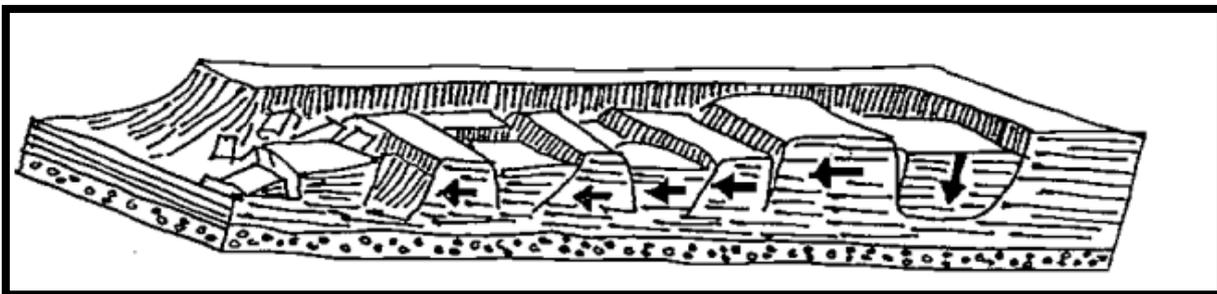
Separación lateral

Este desplazamiento se caracteriza por que pueden ser activados repentinamente por un sismo y de manera progresiva con el pasar del tiempo en una zona con suelo débil, las cuales se generan por tensión.

Se caracteriza por ser similar a un desplazamiento planar, los cuales ocurren en estratos con buzamiento horizontal y una zona de continua debilidad, provocadas por sucesos sísmicos y

acciones del peso gravitatorio del material generando grietas de tensión [8]. (Ver Imagen 7).

Imagen 7. Separación Lateral

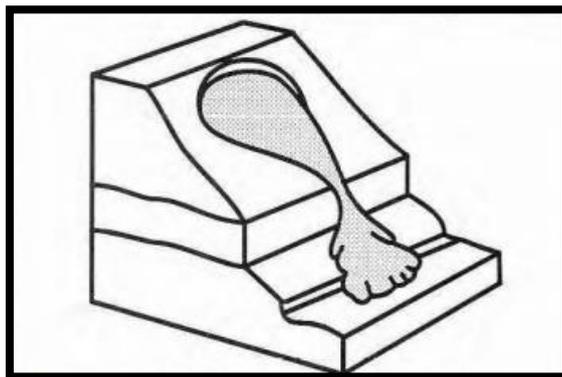


Fuente: Guía para identificación de taludes.

Flujos

Los flujos son movimientos espacialmente continuos, próximos, de poca duración y difíciles de observar. El movimiento del flujo es muy similar al de un fluido viscoso, por lo que la distribución de velocidades no es homogénea y origina la formación de lóbulos a base del dominio del movimiento intergranular. Los flujos incluyen todos los tipos de materiales disponibles y se clasifican según su contenido, por lo que se dividen en flujos de rocas (rock flows), flujos o corrientes de derrubios (debris flows) y flujos de arena o suelo (soil flows) [5]. Ver Imagen 8.

Imagen 8. Flujos



Fuente: Revista científica Scielo

Movimientos complejos

Los movimientos complejos ocurren cuando el modo inicial se transforma en otro al cambiar desplazándose ladera abajo, los más importantes son los taludes o avalanchas de rocas y los flujos deslizantes. Las avalanchas o aludes de rocas son movilizaciones de grandes masas de rocas y detritos que se mueven a altas velocidades. Los flujos deslizantes son resultado del colapso repentino de una masa de material granular o de detritos que se mueven rápidamente hacia el exterior debido a un efecto perturbador. Los materiales involucrados son metaestables, conformada por una estructura suelta y alta porosidad. Durante el colapso, la carga del terreno se transfiere a los fluidos de los poros (generalmente agua), lo que ocasiona un incremento en la presión y la pérdida de resistencia. [5].

Parámetros resistentes

Al estudiar los suelos y los macizos rocosos en la sección de caracterización geotécnica, una de las propiedades más importantes para taludes, es su resistencia. El criterio de rotura generalmente empleado en la mecánica de suelos es el de Mohr-Coulomb, mediante el cual define la tensión tangencial o de corte en función de la tensión efectiva sobre el plano y los parámetros resistentes del suelo. [9]

$$\tau = c' + \sigma' \cdot \text{Tg}\varphi' = c' + (\sigma - uw) \cdot \text{tg}\varphi'$$

Donde:

- c' es la cohesión del terreno.
- σ' el esfuerzo efectivo.
- σ el esfuerzo normal total.
- uw la presión intersticial del agua.
- φ' el ángulo de rozamiento interno del terreno.

Imagen 9. Criterios de rotura Mohr - Columbus

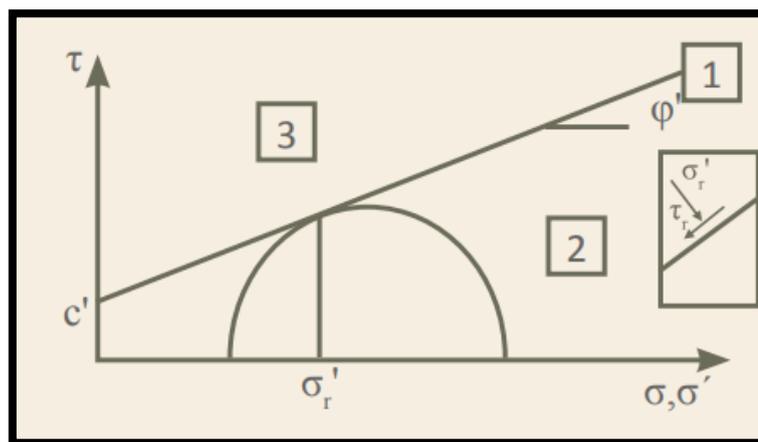


Tabla aportada de revista civilzate. Estabilidad de taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de cálculo.

Con el criterio de rotura de Mohr-Coulomb se tiene las diferentes zonas de rotura según el talud a estudiar:

- Zona 1, representa el estado de rotura.
- Zona 2, combinación que cuenta con un margen de seguridad para una determinada tensión efectiva normal; la tensión tangencial es inferior a la máxima movilizable.
- Zona 3, punto imposible, pues está ubicado por encima de la envolvente de falla de rotura, lo cual es incompatible con la resistencia del suelo.

Imagen 10. Gráfico de esfuerzo normal vs esfuerzo tangencial

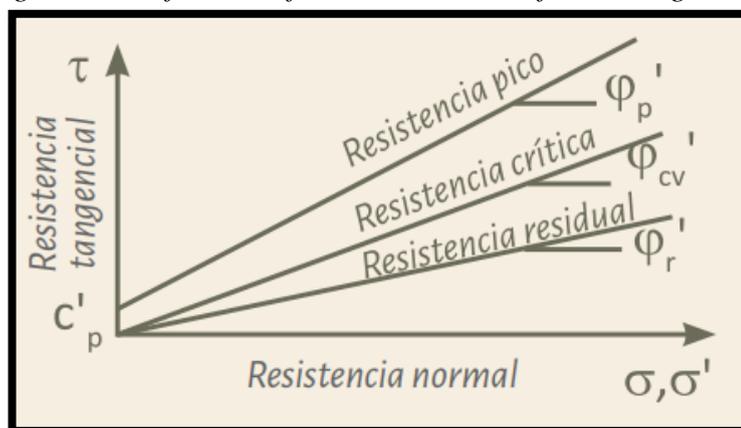


Tabla aportada de revista civilzate. Estabilidad de taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de cálculo.

Se debe prestar atención al uso de los parámetros de cálculo. Al inicio, parece mas lógico optar por el valor más alto, pues cuando se usa estos valores se tiene menores resistencias (principio aplicable a cimentaciones). Sin embargo, en casos de roturas a gran escala (como los deslizamientos de taludes), al aplicar las cargas, la tensión no aumenta al mismo ritmo en los diferentes puntos de la zona de posible rotura.

En tales casos, puede que en algunos puntos se alcance la resistencia de pico mientras el resto de puntos están en el estado previo a la fractura. Si la carga sigue aumentando, la tensión en estos puntos comienza a decaer y se, por ende, se descarga en los adyacentes. Finalmente, cuando se produce la rotura general, hay otros que pueden llegar a tener una resistencia pico (los últimos en romper), mientras que en otros la resistencia ya ha bajado significativamente; la resistencia media será un valor entre la de pico y la crítica.

Imagen 11. Grafico de resistencia vs deformación



Tabla aportada de revista civilzate. Estabilidad de taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de cálculo.

El caso más extremo es la reactivación de deslizamientos, es que cuando en mismo punto se a tenido movimientos fuertes, este suelo tiene finalmente una resistencia residual.

Generalmente se obtienen valores de seguridad asociados a resistencias; sin embargo, en taludes donde anteriormente se han presentado movimientos (con deformaciones importantes) y los cuales son capaces de alcanzar valores residuales.

Análisis de seguridad del talud

Para determinar la estabilidad de un suelo se debe determinar el factor de seguridad de este respecto al deslizamiento, las cuales se hallan comparando las fuerzas que tienden a provocar el deslizamiento entre las fuerzas que tienden a evitarlo.

La ventaja de las acciones gravitatorias establece la definición de seguridad condicional, sobre todo, la definición de seguridad frente a rotura. Para una cimentación superficial, el cálculo de la carga de hundimiento es fundamental. Mediante esto, la propuesta de un factor de seguridad como cociente entre carga de rotura y carga de servicio, parece una elección razonable. Sin embargo, para la estabilidad relacionada a fuerzas de masa no tiene mucho sentido el cálculo de la “fuerza de masa en rotura”. Existen alternativas que se desarrollan en el capítulo, pero debe señalarse que la cuantificación de la seguridad de taludes frente a rotura es un problema difícil, ya que esta presenta ambigüedades en la práctica. [3].

El factor de seguridad es el único parámetro en la estabilidad de taludes que se encarga de englobar las imprecisiones desde las resistencias, modelamientos de cálculo y la incertidumbre humana. En donde se tendrá que la fuerza más desestabilizadora del terreno es la del peso de la masa deslizante sumada a otros factores como las sobrecargas de estructuras o el empuje del agua. A su vez la fuerza más estabilizadora de un talud es la resistencia de corte de terreno en la superficie de deslizamiento.

Para calcular el factor de seguridad en un talud se requiere hallar las fuerzas de resistencia del terreno como las fuerzas movilizantes y sobrecargas que afectan al talud para que por medio de la siguiente fórmula se pueda obtener el factor de seguridad:

$$FS = \frac{\Sigma S_r}{\Sigma S_m}$$

Donde:

- Sr: Fuerza cortante resistente
- Sm: Fuerzas cortantes movilizantes a lo largo de toda la longitud de la superficie de falla

En el Perú contamos con varias normativas nacionales e internacionales de amplia aceptación mediante el cual se determine el factor de seguridad. Los coeficientes deben elegirse teniendo en cuenta la temporalidad de la obra (provisional o definitiva) y según las condiciones de cálculo (estática o sísmica). En la siguiente tabla se visualizan los factores para ambas condiciones según la normativa revisada.

Tabla 2. Coeficientes de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes

| NORMATIVA | TALUD TEMPORAL | | TALUD PERMANENTE | |
|-----------------|----------------|----------|------------------|----------|
| | ESTÁTICA | SÍSMICA | ESTÁTICA | SÍSMICA |
| AASHTO LRFD | 1.33-1.53 | 1.1 | 1.33-1.53 | 1.1 |
| NAVFAC-DM7 | 1.3-1.25 | 1.2-1.15 | 1.5 | 1.2-1.15 |
| FHWA-NHI-11-032 | --- | 1.1 | --- | 1.1 |
| CE.020 | --- | --- | 1.5 | 1.25 |

Tabla aportada de revista civilzate. Estabilidad de taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de cálculo.

La normativa AASHTO ha especificado que para una situación estática debe emplearse un factor de 1.33, si no existen cargas estructurales próximas al talud, o los reconocimientos geotécnicos realizados son confiables, de lo contrario se debe usar un factor de seguridad de 1,53. [9]

Métodos de cálculo de estabilidad de taludes

Método de las dovelas

Este método es usado para los casos donde la superficie de rotura presentada es circular [10], esta se estudia por medio de la división de la parcela de talud a estudiar en partes iguales. Esto se estudia en un plano bidimensional.

La estabilidad generada en los taludes es estáticamente indeterminada y resolver este problema es necesario poder considerar una hipótesis de partida diferentes según los métodos. Para ello, se establecen ecuaciones de equilibrio, tomando en cuenta las anteriores condiciones que provocan el deslizamiento y las fuerzas resistentes. Mediante estos análisis tenemos un factor de seguridad referido al equilibrio que existen entre las fuerzas que actúan en una dovela. [11]

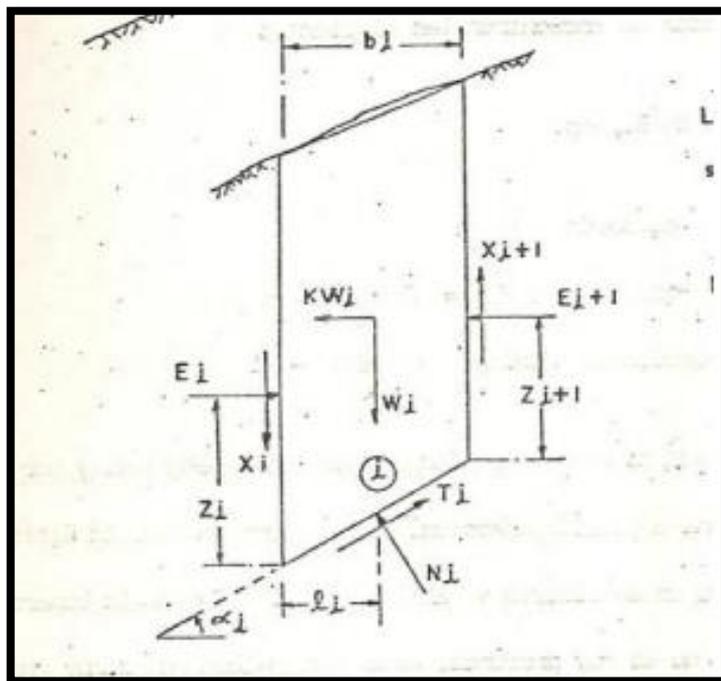
Imagen 12. Sección de masa limitada por un plano de falla



Fuente: Orozco M. Estabilidad de taludes en suelos residuales evaluado en el corto y largo plazo

El método de las dovelas es usado usualmente cuando la superficie de rotura del talud a estudiar es circular, lo que permite calcular el talud de forma bidimensional tomando una sección transversal del talud y dividirlo en franjas iguales para poder analizar cada dovela y obtener su nivel de estabilidad, para poder determinar la seguridad del talud.

Imagen 13. Fuerzas que intervienen en una dovela



Fuente: Geotécnica para el trópico andino

Para la superficie de falla y teniendo en cuenta la fuerza anterior, el factor de seguridad se halla aplicando la siguiente fórmula, para cumplir con el equilibrio estático se debe también cumplir la condición de equilibrio de momentos. Los momentos pueden tomarse alrededor de puntos arbitrarios; cuando queramos hallar una solución rigurosa, el centro del momento no es importante, mientras que para una solución simplificada, este puede influir seriamente en el resultado. [12]

$$F = \frac{cL + tg\phi \sum_{i=1}^n (W_i \cos\theta_i - u_i \Delta l_i)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin\theta_i}$$

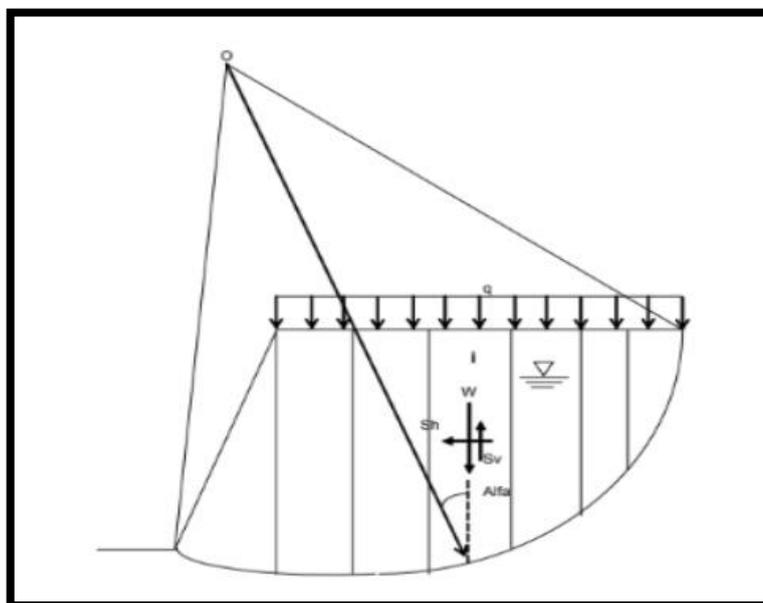
Método de Bishop

Este método fue creado en 1955 y se basa en tomar las fuerzas que actúan sobre los bloques, Bishop fue el primer método en describir el método en comparación entre los relacionados con los métodos convencionales [13], este método toma en cuenta el efecto de la fuerza que tiene entre dovelas.

El método Bishop es un tanto elaborado debido a que el método trata de incorporar la máxima cantidad de información dentro de su análisis, en las cuales considera desde propiedades básicas del suelo como el ángulo de fricción, peso volumétrico y la cohesión interna hasta características más sofisticadas como la fuerza sísmica, las sobrecargas y la presión hidrostática por cada dovela. [14]

Demeneghi considera que el análisis de talud por el método de Bishop, considera que una posible superficie de falla se traza a lo largo del plano mediante una forma de arco, así como podemos apreciar en la imagen. Ver Imagen 14. Dividimos el cuerpo del talud en dovelas y hacemos el diagrama de cuerpo libre. [15]

Imagen 14. Divisiones de talud en método Bishop



Fuente: Revista científica Scielo. Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales.

Con este método se ayuda para determinar el módulo de rotura mediante el siguiente procedimiento:

1) Bishop al igual que los demás métodos relaciona la fuerza resistente contra la fuerza actuante, las cuales a su vez depende de los siguientes parámetros:

$$Fa = V * \text{sen}(\alpha) + Sh * \cos(\alpha) \dots (1)$$

$$FR = sl = sb * \sec(\alpha) \dots (2)$$

Teniendo en cuenta que el factor de seguridad es igual a $F.S. = FR/Fa$, y considerando la dovela, el factor de seguridad es igual a:

$$F.S = \frac{\sum(sb * \sec(\alpha))}{\sum(V * \text{sen}(\alpha) + Sh * \cos(\alpha))} \dots (3)$$

2) V , a su vez es igual a:

$$V = W + Q - Sv \dots (4)$$

Donde:

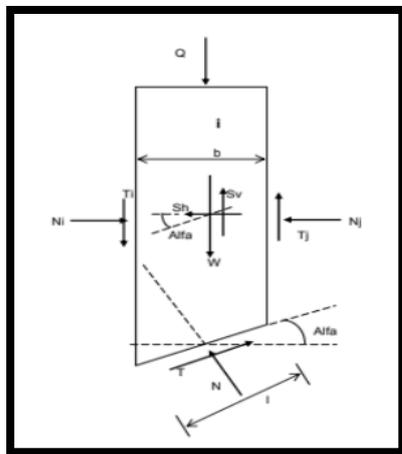
Q =Sobrecarga sobre la dovela

W =Peso propio de la dovela

Sv =Sismo vertical

3) Se puede ver que este método considera la fuerza cortante para el análisis, lo cual se puede apreciar en el diagrama de cuerpo libre siguiente:

Imagen 15. Diagrama de cuerpo libre de una dovela



Fuente: Domeneghi 2006

4) La fuerza cortante se determina mediante la geometría vista en la dovela, y se llega a:

$$\sigma = \frac{N'}{l} \dots (5)$$

5) Para obtener el valor de N' se debe de realizar un análisis de fuerzas verticales, según Deméneghi C. (2006), en el cual se tiene:

$$V = T * \text{sen}(\alpha) + N * \cos(\alpha), \text{ Donde } N = N' + UW * 1 \dots (6)$$

Se despeja N' y se llega a la siguiente expresión:

$$N' = \frac{V}{\cos(\alpha)} - T * \tan(\alpha) - UW * 1 \dots (7)$$

Se puede llegar a realizar simplificaciones como las mostradas en las siguientes expresiones:

$$b = 1 * \cos(\alpha) \dots (8)$$

$$T = \frac{sl}{FS} = sb * \sec(\alpha) / FS \dots (9)$$

Las expresiones anteriores son sustituidas en la fórmula de fuerza cortante, se obtiene:

$$\sigma = \frac{V}{b} - s * \frac{\tan(\alpha)}{FS} - UW \dots (10)$$

6) Si la formula anterior a su vez se sustituye en la expresión para suelos cohesivos-friccionantes, resulta lo siguiente:

$$S = \frac{c + \left(\frac{V}{b} - UW\right) \tan(\varphi)}{1 + \tan(\alpha) * \tan(\alpha) / FS} \dots (11)$$

7) Y finalmente, se sustituyen todas las expresiones anteriores, en la ecuación para encontrar el factor de seguridad, dando el siguiente resultado:

$$FS = \frac{\sum(c * b + (V - Uw * B) \tan(\varphi)) * \sec(\alpha) / (1 + \tan(\alpha) * \frac{\tan(\alpha)}{FS})}{\sum(V * \sin(\alpha) + Sh * \cos(\alpha))}$$

Método de Spencer

Este método se estableció en 1967 basado en las fuerzas de conexión a lo largo de las superficies de división de cada rebanada son paralelas entre si e inclinadas en un ángulo θ [13]. Este método utiliza también las ecuaciones de la estática y Morgenstern - Price para las fuerzas de interacción entre las rebanadas. Con ello propone el cálculo de los coeficientes de seguridad para fuerzas (F_{sm}) y para momentos (F_{sf}).

$$F_{sm} = F_{sf}$$

Para comprender mejor la fórmula de Spencer para el cálculo del Factor de Seguridad de taludes, mostrados en la siguiente imagen. (Ver Imagen 17). Donde una dovela arbitrariamente, las fuerzas actuantes y resistentes dirigidas sobre ella.

Imagen 17. Fuerzas laterales que actúan sobre las dovelas en método Spencer

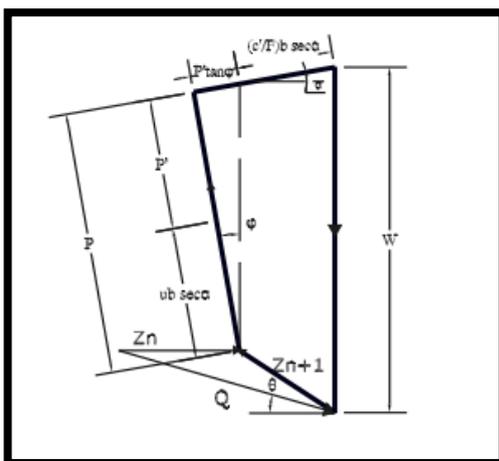
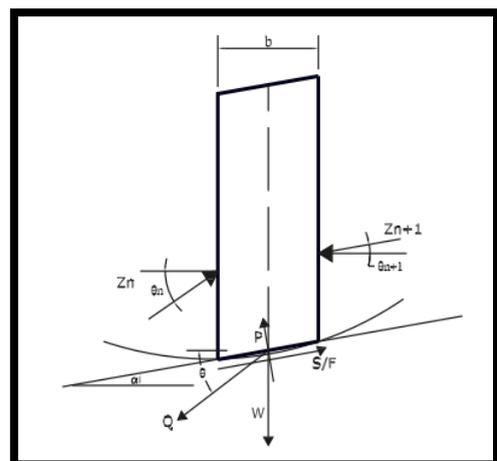


Imagen 16. Diagrama de fuerzas de equilibrio de la dovela por método Spencer



Fuente: Revista científica Scielo. Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales.

El método de Spencer tiene en cuenta las fuerzas internas que se tiene en cada dovela, pero supone principalmente que existe una relación constante entre la magnitud de la fuerza cortante y la fuerza normal a la dovela. La fuerza Z mostrada en la figura anterior debe ser considerada como la resultante para la i -ésima dovela de las fuerzas internas, ésta se divide en sus componentes normal: E y cortante: X , de este modo se plantea que:

$$\tan\theta = \frac{X_L}{E_L} = \frac{X_R}{E_R}$$

Tener en cuenta que los subíndices L y R indican izquierda y derecha respectivamente. Donde θ = ángulo de las fuerzas internas resultante (Q en el diagrama) con respecto a la horizontal. Spencer suma las fuerzas perpendiculares a las fuerzas internas para derivar la fuerza normal (P). Si se suman la fuerza en dirección tanto vertical como horizontal, se obtiene el siguiente resultado:

$$\Sigma F_v = 0; W - (X_R - X_L) - P * \cos(\alpha) - Sm * \sin(\alpha) = 0 \dots (1)$$

$$\Sigma F_H = 0; -(E_R - E_L) - P * \sin(\alpha) - Sm * \cos(\alpha) + KW = 0 \dots (2)$$

La fuerza normal se puede derivar de la ecuación de la fuerza vertical 1, por lo que de esta manera la fuerza interna se puede obtener mediante la ecuación de fuerza horizontal (2):

$$P = W - \frac{((E_R - E_L) \tan(\theta) - \frac{dl \sin(\alpha)}{F_s} + \frac{ul * \tan(\phi') * \sin(\alpha)}{F_s})}{m_\alpha} \dots (3)$$

Spencer determinó dos ecuaciones para poder encontrar el factor de seguridad. Uno se basa en la sumatoria de momentos alrededor de un punto común y el otro se basa en la sumatoria de fuerzas en dirección paralela a las fuerzas internas entre dovelas. [16]

La fórmula para obtener el factor de seguridad que está basado en el equilibrio de fuerzas horizontales mostrado en la siguiente manera:

$$\Sigma F_H = 0 \dots (4)$$

$$\Sigma(E_R - E_L) + \Sigma P \sin(\alpha) - \Sigma S_m \cos(\alpha) + \Sigma kW \pm A = 0 \dots (5)$$

Las fuerzas internas deben eliminarse introducirse el valor de P se eliminan, entonces se determina el factor de seguridad mediante el equilibrio de fuerzas, de la siguiente manera:

$$F_f = \frac{\Sigma(dl \cos(\alpha) + (p + ul) * \tan(\phi') \cos(\alpha))}{\Sigma P \sin(\alpha) + \Sigma kW \pm A}$$

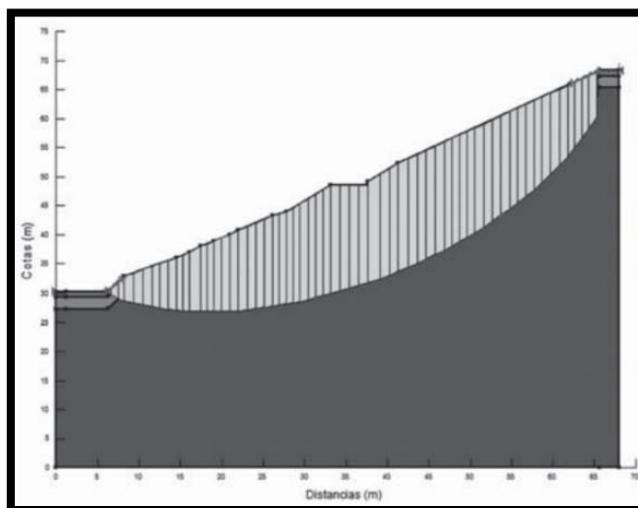
Análisis estático y pseudoestático

Mediante el análisis estático y pseudoestático permite calcular el comportamiento que tienen un talud sometido a fallas o sismos, basándose principalmente en los equilibrios de fuerzas y momentos, y la adición de las fuerzas de inercia y sobre empuje que se ejercen en el talud. Este método se utiliza para calcular el comportamiento del suelo al momento de dimensionar muros de contención.

Consideraciones estáticas

Para realizar un análisis estático es necesario realizar un modelado del perfil geométrico del talud e ingresar los datos correspondientes para las condiciones de suelo y geotécnicas, se realizarán una serie de iteraciones de cálculo para poder obtener el SPF menos favorable, teniendo en cuenta las hipótesis anteriores y las propuestas de los criterios de cálculo de dovelas como Bishop y Spencer. De esta forma, el programa entrega para cada círculo de deslizamiento el FS. [10].

Imagen 18. Superficie mas desfavorable de rotura para el caso estático



Fuente: Sanhuesa C. – Rodríguez L.

Consideraciones Pseudoestáticas

Generalmente, los análisis pseudoestáticos representan los efectos de las vibraciones sísmicas mediante coeficientes de aceleraciones pseudoestáticas generadas por la fuerza de inercia F_h y F_v , estas actúan mediante un centro de masa de falla. [17]. Las cantidades de las fuerzas pseudoestáticas son:

$$F_h = \frac{a_h W}{g} = K_h W \dots (1)$$

$$F_v = \frac{a_v W}{g} = K_v W \dots (2)$$

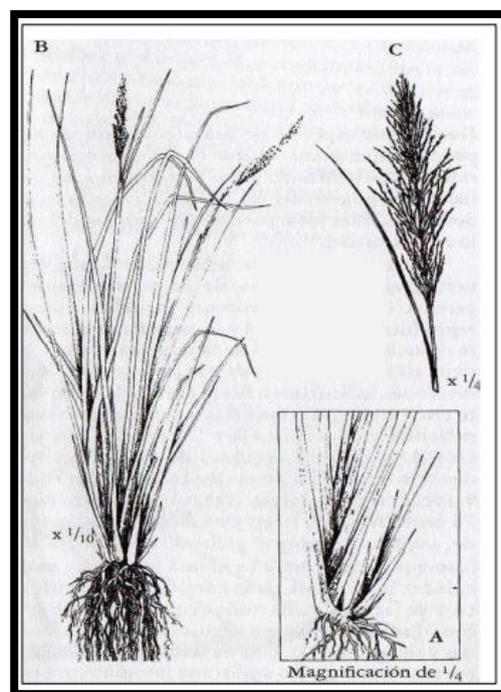
Donde para las ecuaciones 1 y 2

- a_h : Aceleraciones horizontales
- a_v : Aceleraciones verticales
- k_h : Coeficiente pseudoestático horizontal adimensional
- k_v : Coeficiente pseudoestático vertical adimensional
- W : Peso de la falla

Pasto Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*)

El Pasto Vetiver, lleva por nombre científico *Chrysopogon Zizanioides* esta planta pertenece a la familia de las gramíneas, originaria de la India. Las tecnologías del pasto vetiver (TPV), es una alternativa que es usada en la protección de suelos, aumento de resistencia, protección de laderas, estabilizaciones de estructuras, en fin de evitar desastres y poder mitigar y proteger el medio ambiente, según los beneficios que esto ofrece y la facilidad de uso, es el foco de atención para poder implementarlo en el Perú y otras regiones de América Latina. [18]

Imagen 19. Vistas de tallos y hojas de Pasto Vetiver



Fuente: Manual de manejo y uso de Vetiver

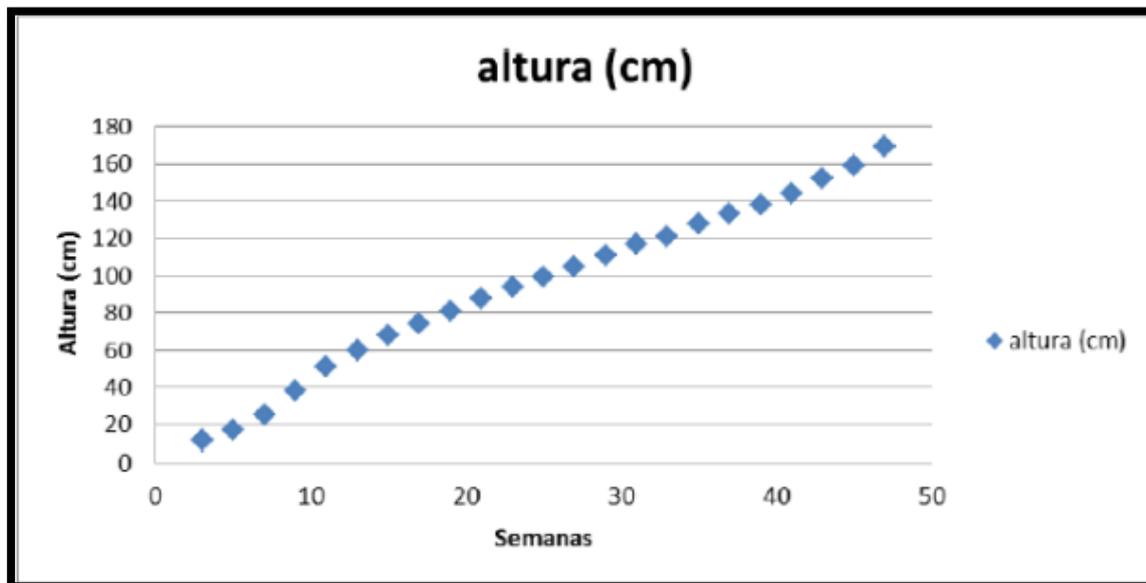
Este pasto tiene como característica principal de que sus raíces son fibrosas y llegan a medir de 4 a 5 metros, además de tener una altura de las hojas de aproximadamente 1.5 metros en condiciones óptimas.

El cultivo del pasto Vetiver como una alternativa sustentable y económica para la protección de deslizamientos de los taludes, el control de la erosión del suelo, así como otras obras de infraestructuras rurales.

El vetiver tiene como características beneficiosas al momento de querer realizar una estabilización de taludes o reducción de la erosión utilizando esta planta:

a) Es una planta de rápido crecimiento, ya que esta planta crece de forma constante, crece en promedio entre 15 a 20 centímetros cada quince días. Este crecimiento se puede incrementar al estar la planta sembrada en condiciones óptimas.

Imagen 20. Cuadro de altura vs tiempo de crecimiento del pasto Vetiver



Fuente: Flores, Juan: Evaluación de tres distanciamientos de siembra en cuatro épocas de corte en vetiver

- b) No es invasiva con otras hierbas
- c) Puede resistir a sequías e inundaciones, al ser un pasto hidrofíto puede resistir a climas con altos niveles de precipitación.
- d) Crece en suelos altamente ácidos o alcalinos, no requiere fertilidad alta del suelo, Se caracteriza por su gran resistencia a condiciones adversas del suelo, como el bajo pH, alta salinidad y elevadas concentraciones de metales pesados. Si se demuestra que puede crecer sobre la superficie de fosfoyesos, se podría plantar en masa y utilizarla como cultivo energético. [19]
- e) Le gusta la exposición al sol, al caracterizarse por la biosíntesis de la vías C4, se puede adaptar a condiciones de elevadas temperaturas diurnas y altos niveles de radiación solar. [20]
- f) Crece desde el nivel del mar hasta grandes altitudes aproximadamente 2500 m.
- g) Idealmente requiere una temperatura de 15° C

h) La resistencia de estas raíces Vetiver oscila entre un 40 a 120 MPa. El pasto Vetiver posee un denso y un gran sistema de raíces, lo que hace al Vetiver tener un mayor incremento de resistencia al corte por unidad de concentración de fibra (6 – 10 kg pascales por kg de raíz por metro cúbico de suelo), lo que da como resultado una resistencia a la tensión que se muestra en la imagen [21].

Fuente: Perez, Carlos: Uso del pasto vetiver como una propuesta de bioingeniería en la Imagen 21. Resistencia a la tensión de raíces más usadas para contención de taludes

| Nombre botánico | Nombre común | Resistencia a la tensión (Mpa) |
|-----------------------|------------------|--------------------------------|
| Salix sp. | Sauce | 9 - 36 |
| Populus sp. | Alamos | 5 - 38 |
| Alnus sp. | Alisos | 4 - 74 |
| Pseudotsuga sp. | Abeto de Douglas | 19 - 71 |
| Hacer sacharinum | Arce plateado | 15 - 30 |
| Tsuga heterophylla | Cicuta del oeste | 27 |
| Vaccinum sp. | Gaylussacia | 16 |
| Hordeum vulgare | Cebada | 15 - 31 |
| **** | Zacate, hierbas | 2 - 20 |
| **** | Musgo | 0.002 - 0.007 |
| Vetiveria zizanioides | Pasto vetiver | 40 - 120 |

estabilización de taludes

La mayor ventaja que posee el pasto vetiver es el bajo costo de aplicación como medida para controlar los deslizamientos de taludes, además de ello que por el largo de sus raíces, el pasto vetiver nos brinda larga duración de vida útil.

La mayor desventaja que se encuentra es la de que las plantaciones no deben estar expuestas a sombra, ya que esto hace que afecta desde que disminuye el tiempo de crecimiento hasta que a largo plazo pueda desaparecer las plantaciones de vetiver.

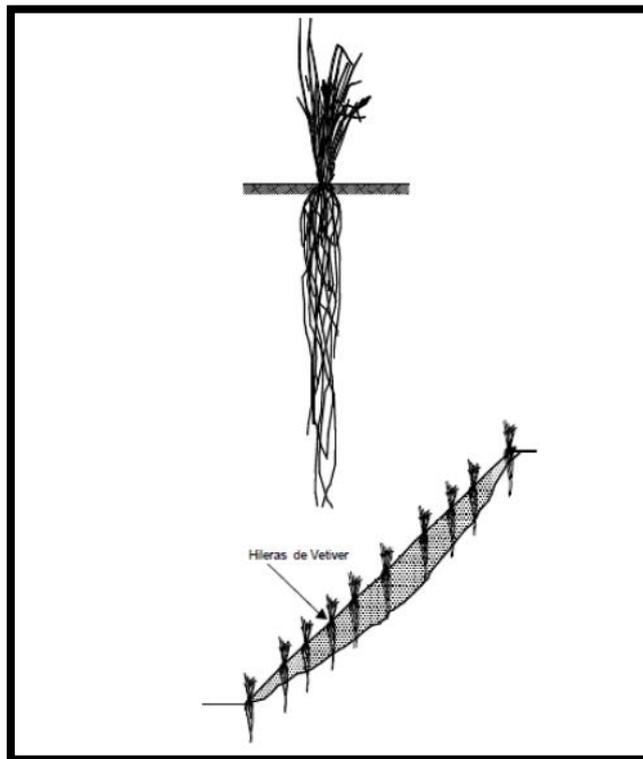
Pasto Vetiver aplicado a la estabilización de taludes

Con las características que posee el pasto vetiver hace que las raíces de esta planta sea una

Imagen 22. Diagrama de sembrado de pasto Vetiver para estabilización de taludes

alternativa idónea para la estabilización de deslizamientos y el control de erosión en los taludes, ya que contiene una raíz que se puede infiltrar de 4 a 5 metros.

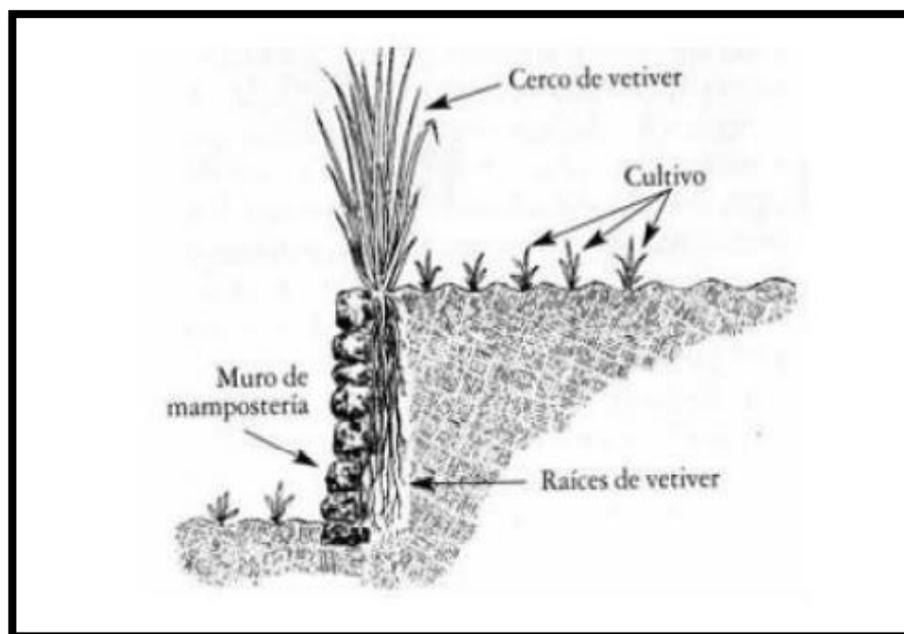
Fuente: Control de la erosión en zonas tropicales. Suarez Diaz (2000)



La estabilización de taludes con pato vetiver es muy factible, ya que estas plantaciones tienen diferentes usos en la ingeniería como:

- Proteger las pendientes al borde de una carretera.
- Reparación de taludes de corte colapsados.
- Recubre con vegetación las laderas estabilizadas con Vetiver.
- Protege los arcenes en las carreteras en pavimentos elevados.
- Eficaz para empalmar estructuras de ingeniería con bordes como diques.
- Retiene el suelo como un muro de contención de diques con el suelo. [22]

Imagen 23. Función de las raíces del pasto Vetiver para estabilizar un talud



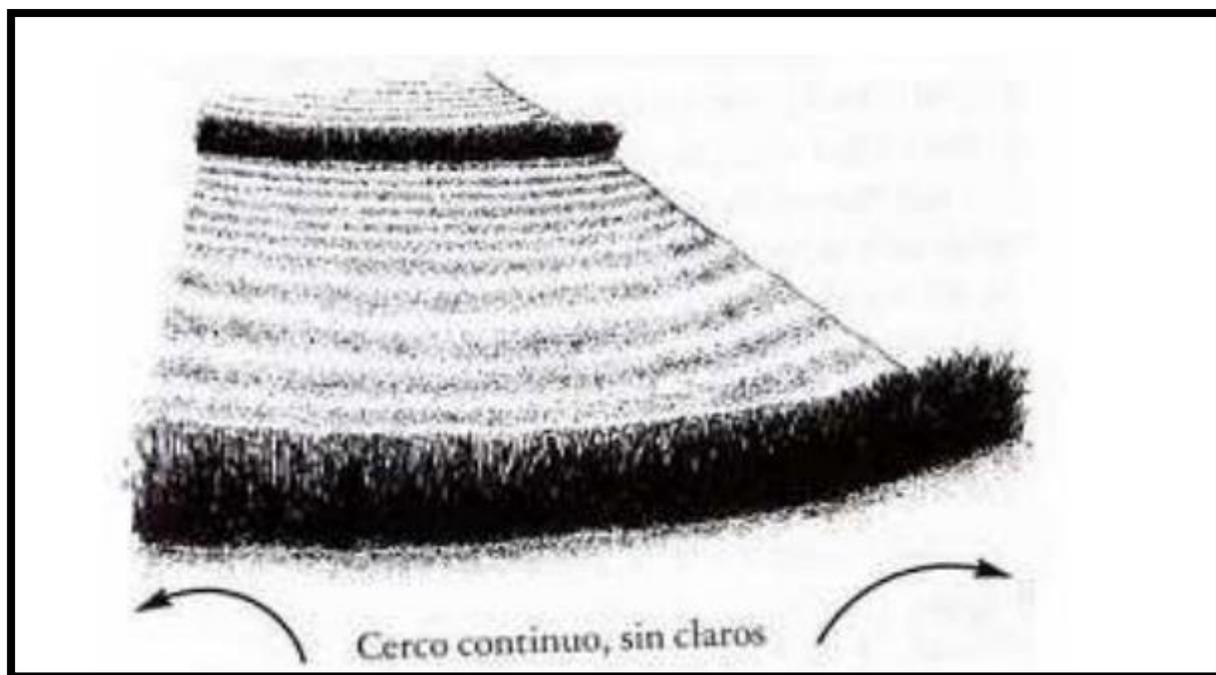
Fuente: Alegre, Julio. Manual sobre el uso y manejo del pasto vetiver

Para realizar el establecimiento de los esquejes de vetiver en el terreno se realizaron los siguientes pasos:

1. Prepare suficientes esquejes de Vetiver que van a ser plantados, para un día de trabajo.
2. Los esquejes deben mantenerse en la sombra, ya que al estar expuestos se podrían resecar con el sol o el viento.
3. Si el Vetiver se planta en bolsas de polietileno, estas se deben retirar antes de sembrar.
4. Prepare un hoyo de plantación de 70-100 mm de profundidad y 50 mm de ancho.
5. El hoyo cavado debe ser lo suficientemente grande, para alcanzar a plantar el esqueje sin doblar sus raíces.
6. Asegúrese de rellenar el hoyo y compactar el suelo firmemente alrededor de los esquejes de Vetiver plantados.
7. Se jala suavemente el esqueje con el pulgar y el índice para comprobar que este está bien plantado no debería salir.
8. Se determinan las distancias del sembrado según la pendiente y se procede a sembrar

según las distancias seleccionadas.

Imagen 24. Sistema de cercos vegetales en la estabilización de taludes con pasto Vetiver



Fuente: Manual sobre el uso y manejo del pasto vetiver

Materiales y Métodos

Tipo y Nivel de Investigación

El tipo de investigación que se está realizando será experimental, ya que se aplicará el Pasto Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) en un talud que sufre de deslizamientos para luego obtener mediante ensayos el incremento de la resistencia a la estabilización de taludes en este proyecto.

El nivel de investigación es aplicado, ya que se buscará una solución experimental a la problemática encontrada para esta investigación, en la cual se a desarrollado una secuencia de ensayos y cálculos para poder dar solución al problema mediante un cuadro de operalización de variables.

Diseño de investigación

La investigación tiene un diseño experimental, ya que se realizará la comparación de la resistencia del suelo del talud con mejoramiento y sin mejoramiento por la siembra de Pasto Vetiver, para lo cual se tomarán ensayos de resistencia del suelo en ambos casos y se evaluará la eficiencia de la adición del Pasto Vetiver como alternativa a la estabilización de suelos.

Población y muestra

- **Unidad de estudio**

La unidad de estudio será el de estudiar las propiedades del pasto Vetiver y el comportamiento en la estabilización de taludes.

- **Población**

Para esta investigación la población se encuentra en el centro poblado Ajipampa – distrito de Lajas - Chota.

- **Muestra**

La muestra para esta investigación está contenida en el talud ubicado en el centro poblado Ajipampa – Lajas en el cual se plantaron 180 esquejes de vetiver para estabilizar el suelo.

Operalización de variables

- **Variable independiente**

Aplicación del Pasto Vetiver.

- **Variable dependiente**

Incremento de la estabilidad de taludes.

Tabla 3. Operalización de variables

| VARIABLES | | INDICADORES | INSTRUMENTOS |
|-----------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------------|
| INDEPENDIENTE | DEPENDIENTE | | |
| Aplicación de Pasto Vetiver | Incremento de la estabilidad de talud | Propiedades de Pasto Vetiver | --- |
| | | Criterios de aplicación de Pasto Vetiver | --- |
| | | Topografía de talud | Levantamiento topográfico y Planos |
| | | Esfuerzos de resistencia de suelo | Ensayos de DPL |
| | | Cohesión no drenada | Correlaciones |
| | | Factor de seguridad | Software Slide |
| | | Análisis estático de suelos | Norma Técnica y software Slide |
| | | Análisis pseudoestático de suelos | Norma Técnica y software Slide |

Fuente: Propia

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

| TÉCNICAS | INSTRUMENTOS |
|------------------------------------|--|
| Recopilación de información | <ul style="list-style-type: none"> • Características de las raíces del Pasto Vetiver. • Criterios de plantación de Pasto Vetiver. • Resistencia de raíces de Pasto Vetiver |
| Recopilación de datos | <ul style="list-style-type: none"> • Levantamiento topográfico • Ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL) • Planos • Software Slide • Granulometría • Límites de consistencia • Contenido de humedad • Perfil estratigráfico |
| Análisis de documentos | <ul style="list-style-type: none"> • Norma Técnica • Libros, artículos de investigación, revistas científicas, etc. |

Fuente: Propia

Técnicas de análisis de datos

Para la presente investigación se realizará la técnica del método de observación mediante la realización de vistas al talud, pruebas de campo, la recolección de muestras, sembrado del pasto Vetiver y la realización de los ensayos de laboratorio.

Metodología

La metodología que se a empleado para el desarrollo de esta investigación cuenta de cinco fases:

Fase I: Recopilación de información y datos existentes

1. Se revisó los antecedentes de investigaciones pasadas en las cuales se investiga

sobre las plantaciones de pasto Vetiver para controlar la erosión de suelos en distintos países.

2. Se revisó la norma ASTM D-3441 para ver las consideraciones a tener al momento de realizar los ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL) para calcular la resistencia del suelo para el talud sin refuerzo y con refuerzo de pasto Vetiver.
3. Para realizar la evaluación geológica del talud de estudio, se examinó la información necesaria del mapa geológico del Perú brindado por el Instituto Geológico Minero del Perú (INGEMMET), ya que a través del boletín Geológico podremos analizar la información geológica de la zona de estudio correspondiente al centro poblado Ají pampa - Lajas.

Fase II: Inspecciones de campo

1. Inspección preliminar: La primera inspección fue realizada el 13 de marzo de 2022 donde se evaluó la zona de estudio, durante esta visita se identificó las características del lugar.
2. Calicatas: En la exploración geotécnica se realizó las excavaciones a cielo abierto distribuidas convenientemente en donde se pueda extraer muestras de suelo, para esta investigación se realizaron 3 calicatas según la norma ASTM D-2488. Las muestras extraídas fueron llevadas al laboratorio para determinar el perfil estratigráfico, los ensayos de clasificación de suelo, el contenido de humedad y el análisis granulométrico del suelo.
3. Levantamiento topográfico del talud: Se desarrolló el levantamiento topográfico del lugar de estudio en el cual se extrajeron los datos necesarios del talud para poder obtener los planos y curvas de nivel de la zona del talud de estudio, en donde se tomaron los datos obtenidos de talud mediante estación total para distribuir los distanciamientos de pasto vetiver, determinar la pendiente del talud.
4. Ensayo DPL sin mejoramiento de plantaciones de pasto Vetiver: Con la finalidad de determinar la resistencia del suelo mediante en número de golpes y medir la profundidad de rechazo de 50 golpes, en el cual se hinca el suelo con un martillo de 10 kg en una caída libre, las medidas se realizan en tramos de 10 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de la resistencia del terreno a la

penetración de la punta cónica estableciendo un valor de golpes (N) en la resistencia del suelo.

5. Ensayo DPL con mejoramiento de plantaciones de pasto Vetiver: Realizado Los ensayos de DPL con mejoramiento de pasto Vetiver se tomaran 4 meses después del sembrado del pasto Vetiver, en el cual en ese lapso de tiempo las plantaciones están establecidas en el suelo y la toma de resistencia nos dará los datos de la resistencia del suelo con mejoramiento en la resistencia a la erosión del talud, para luego procesar los datos de resistencia para el cálculo del factor de seguridad del talud y el análisis estático y pseudoestático del talud.

Fase III: Ensayos de Laboratorio

1. Las muestras extraídas de las 3 calicatas se llevaron al laboratorio en donde se realizaron ensayos estándar para determinar las propiedades y la clasificación de suelos, los ensayos se realizaron siguiendo las normas American Society For and Materials (ASTM) para los siguientes ensayos:
 - Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422).
 - Límites de Atterberg (ASTM D-4318).
 - Contenido de humedad (ASTM D-2216).
 - Clasificación del suelo.
 - Perfil estratigráfico.

Fase IV: Siembra de Pasto Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*)

1. La compra de esquejes de vetiver se realizó mediante la organización Red Vetiver Perú, los que enviaron los esquejes desde la ciudad de Lima hacia la ciudad de Chota, para el cual primero se determinó el número de esquejes necesarios para la siembra en el talud mediante la distribución de las distancias en AutoCAD Civil 3D después de determinar las distancias según la bibliografía revisada.
2. Se realizó una aclimatación de los esquejes de pasto Vetiver, lo cual consistió en dejar en agua los esquejes una semana antes del sembrado, esto ya que los esquejes antes de ser sembrados necesitan un tiempo para poder adaptarse a la zona en la que va a ser sembrado, para que puedan crecer y establecerse en el

suelo de manera correcta.

3. La siembra del pasto Vetiver se efectuó el 14 de Mayo del 2022 según las distancias requeridas que fueron de 0.7 m en cada distanciamiento entre esquejes y de 3.5 de distanciamiento en eje del talud, según el autor Julio Orihuela en su libro Manual sobre el uso y manejo del pasto Vetiver (Ver Imagen 35).

Fase V: Trabajo de Gabinete:

Luego de realizar los ensayos in situ y en laboratorio se procedió a realizar el trabajo de determinar y analizar todos los datos obtenidos anteriormente:

1. Descripción del proyecto: Incluye la descripción de los diferentes componentes del proyecto, así como las características más importantes desde el punto de vista geotécnico.
2. Estudio de la geología de la zona de estudio: Se describió la geología y sismicidad del talud y la zona de estudio.
3. Determinación del factor de seguridad: Mediante el software Slide V6.0 se realizó la obtención del factor de seguridad para el talud sin mejoramiento y con mejoramiento mediante los métodos de Bishop, Spencer y Morgenstern – Price, los cuales nos dan valores certeros para poder analizarlos y comprobar en que medida ayuda el pasto vetiver en la estabilidad del talud.
4. Cálculo de la estabilidad estática del talud: El factor de seguridad se obtuvo para los 3 métodos antes mencionados, en el cual el programa analizara las fuerzas proporcionadas por el talud a estudiar.
5. Cálculo de la estabilidad pseudoestática del talud: Se analizó el talud para ambos casos por el método Bishop, Spencer y Morgenstern - Price en el cual se analiza la estabilidad de la dovela teniendo en cuenta las fuerzas que actúan sobre el talud añadiéndole un coeficiente sísmico al talud.

Ejecución

Ubicación de zona de estudio

Para esta investigación se identificó un lugar de estudio, el consiste en un talud ubicado en el centro poblado Ajipampa, distrito de Lajas, provincia de Chota, región Cajamarca, en el cual se realizó un levantamiento topográfico, calicatas y ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL), los cuales nos darían resultados representativos para poder realizar el análisis y ejecución de la tesis.

Levantamiento Topográfico de zona de estudio

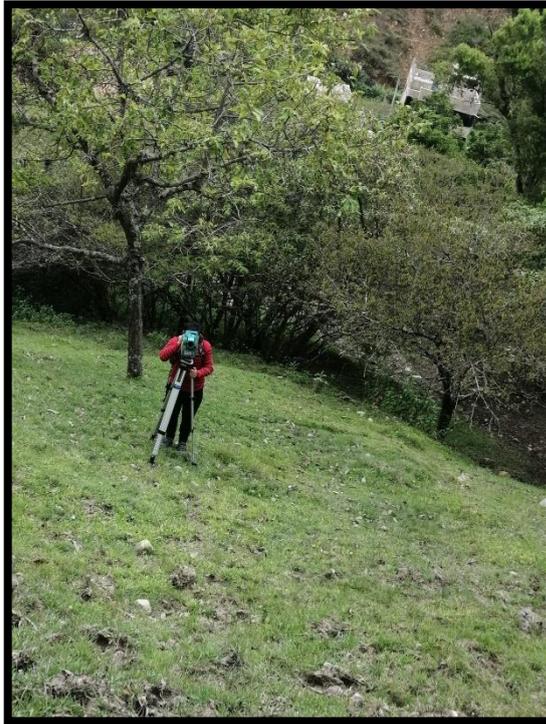
Se realizó la medición de la zona de estudio mediante un levantamiento topográfico el cual abarco tomar los puntos con estación total en la carretera, la institución educativa N° 10444 Ajipampa y la zona del talud donde se pretende realizar la siembra de los esquejes de pasto Vetiver, para luego con la exportación de puntos realizar el plano perimétrico, curvas de nivel y perfil longitudinal de la zona de estudio. (Imagen de planos y fotos del levantamiento)

Imagen 25. Área de levantamiento topográfico



Fuente: Propia

Imagen 26. Toma de puntos de talud



Fuente: Propia

Imagen 27. Toma de puntos topográficos en carretera y colegio Ajipampa



Fuente: Propia

Trabajos de campo

Ensayos de DPL sin mejoramiento de Pasto Vetiver

Para iniciar la investigación se procedió a realizar el contrato del equipo DPL con el laboratorio de suelos de la ciudad de Chota, en el cual se realizó el ensayo con la ayuda de dos operarios y mi persona en el centro poblado Ajipampa para realizar el ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL) en el talud.

Al llegar al centro poblado se trasladó el equipo DPL hacia el lugar de los ensayos para luego proceder a armar el equipo (Ver Imagen 26) el cual consistía de:

- 1 martillo
- 1 yunque de penetración
- 1 yunque de extracción
- 7 varillas de sondaje de 1m cada uno
- 2 conos de penetración para arcilla y arena
- 2 cizallas para ajustar las varillas

Imagen 28. Armado de equipo DPL



Fuente: Propia

Luego de ello se procedió a distribuir los 5 puntos para que estén repartidos de manera

equitativa por todo el terreno a analizar y tomar las coordenadas en GPS (Ver anexos de plano de ubicación de DPL), para luego empezar a realizar el ensayo de DPL en los puntos asignados.

Con respecto a la realización de ensayo se empezó por el operario el cual cargaba el martillo hasta el tope para luego dejarlo caer y contabilizar el número de golpes con el que la varilla procedía a hundirse 10 centímetros dentro del terreno para luego anotarlo en un cuaderno de campo, así el mismo procedimiento hasta que el equipo de un rebote de 50 golpes sin llegar a penetrar los 10 centímetros requeridos.

Imagen 30. Realización de ensayo DPL



Fuente: Propia

Imagen 29. Realización de ensayo DPL



Fuente: Propia

Imagen 31. Toma de numero de golpes en cuaderno de campo



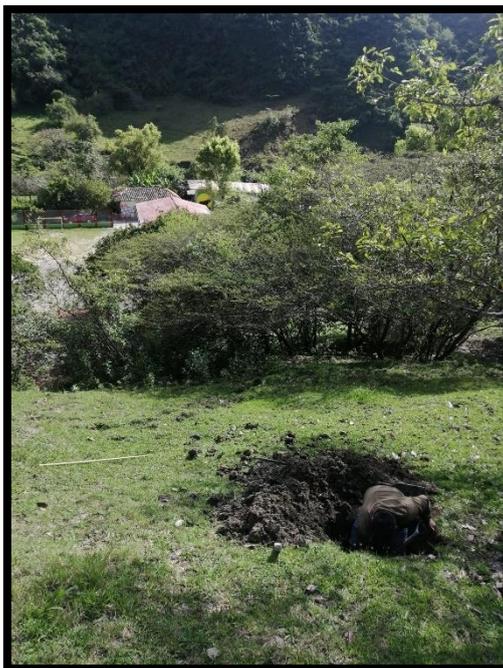
Fuente: Propia

Luego de ello se procedió a regresar a la ciudad de Chota donde en el laboratorio de suelos se procesó los datos obtenidos en campo para realizar al final el informe respectivo del ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL) antes realizado. (Ver anexos de informes de laboratorio de ensayo de DPL)

Obtención de muestra mediante calicatas

En el talud de estudio se procedió a realizar 3 calicatas,, mediante las cuales se sacaron muestras y con ello poder obtener los parámetros geomecánicos del suelo mediante ensayos de laboratorio, antes de la excavación se realizó una inspección visual para determinar los puntos idóneos donde se distribuyen las 3 calicatas

Imagen 32. Excavación de calicatas



Fuente: Propia

Se ejecuto la excavación manual de las 3 calicatas, las cuales las dimensiones fueron de 1.20 m x 1 m y con la profundidad de excavación de 3 metros cada una, asimismo se procedió a tomar una muestra representativa del pie de la calicata de aproximadamente 2 kilogramos cada una para poder realizar los ensayos respectivos en el laboratorio.

Imagen 33. Toma de coordenadas de ubicación de calicatas



Fuente: Propia

Luego las muestras representativas fueron llevadas al laboratorio en donde se procedió a realizar los ensayos de análisis granulométrico por tamizado, ensayo de contenido de humedad, los límites de consistencia (Limite líquido y limite plástico de los suelos) y el perfil estratigráfico.

Imagen 34. Extracción de muestras de calicatas



Fuente: Propia

Siembra de Pasto Vetiver

Para realizar el sembrado del pasto vetiver se tuvieron que realizar varios pasos previos desde poder determinar la cantidad de esquejes necesarios hasta la distancia de sembrado.

Primero, se realizó un diseño de siembra en el cual basándonos en nuestros planos de levantamiento topográfico y bibliografía referente al tema de sembrado de pasto vetiver buscamos distancias mínimas que nos dan los autores para poder hacer que los esquejes sirvan de aumento de la resistencia del talud.

Para determinar las distancias del sembrado se optó mediante la bibliografía revisada, siendo la seleccionada la propuesta por Julio Orihuela en su libro “Manual sobre el uso y manejo del pasto Vetiver “, teniendo en cuenta la pendiente obtenida mediante el levantamiento topográfico realizado, por último se determinó realizar la siembra de los esquejes de pasto vetiver en los espaciamientos de 0.7 m en el mismo nivel y 3.3 m en el sentido del talud.

Imagen 35. Distancias entre tramos de superficie e intervalo vertical

| Pendiente | | Gradiente | Tramo de superficie* (m) |
|-----------|------|-----------|-----------------------------|
| Grado | % | | |
| 1 | 1.7 | 1 en 57.3 | 57.3 |
| 2 | 3.5 | 1 en 28.6 | 28.7 |
| 3 | 5.3 | 1 en 19.5 | 19.1 |
| 4 | 7.0 | 1 en 14.3 | 14.3 |
| 5 | 8.8 | 1 en 11.4 | 11.5 |
| 10 | 17.6 | 1 en 5.7 | 5.8 |
| 15 | 27.0 | 1 en 3.7 | 4.0 |
| 20 | 36.4 | 1 en 2.8 | 3.0 |
| 25 | 46.1 | 1 en 2.1 | 2.4 |
| 30 | 57.7 | 1 en 1.7 | 2.0 |
| 35 | 70 | 1 en 1.4 | 1.7 |
| 40 | 84 | 1 en 1.2 | 1.6 |
| 45 | 100 | 1 en 1.0 | 1.4 |

* También llamado distanciamiento entre curvas de nivel

Fuente: Manual sobre el uso y manejo del pasto vetiver 2007

Luego para determinar la cantidad de esquejes se trabajó en base al plano del área del talud el cual obtuvimos con el levantamiento topográfico de la zona de estudio, para luego ir trazando líneas paralelas con las distancias entre esquejes.

Imagen 36. Plano de distancias de plantaciones de pasto Vetiver



Fuente: Propia

Se procedió a comprar 180 esquejes de pasto vetiver el cual mediante recomendación del proveedor dejamos que los esquejes se aclimaten, lo cual consistía en dejar en agua y a la luz del sol los esquejes 5 días y luego ir al sembrado.

Imagen 38. Aclimatación de esquejes



Fuente: Propia

El día en el que se realizó el sembrado de los esquejes lo primero que se hizo fue medir y mediante un cordel trazar los puntos donde van a ir plantados los esquejes, para luego en cada punto marcado realizar un hueco de 0.3 m x 0.3 m y de profundidad de 0.5 m y sembrar en cada hoyo realizado un esqueje.

Imagen 40. Medición de distancias de sembrado en campo



Fuente: Propia

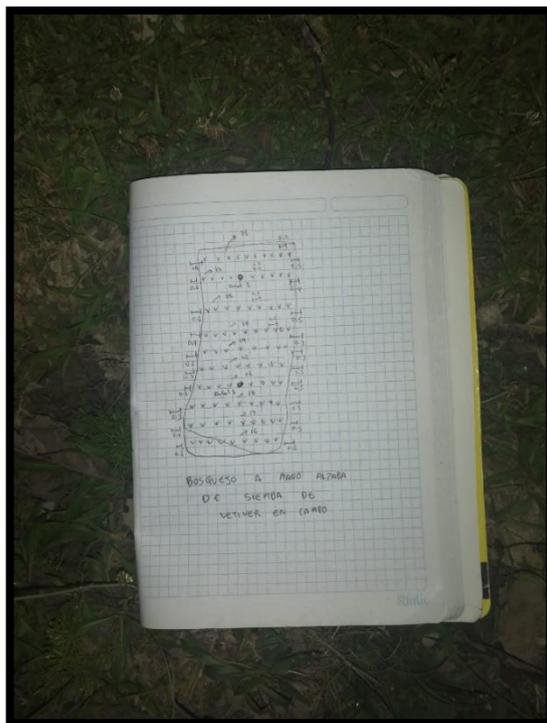
Imagen 42. Sembrado de esquejes



Fuente: Propia

Se realizó un bosquejo a mano en el cual se contabilizó las hileras sembradas, el número de esquejes por hilera, las distancias entre hileras para tener una mejor referencia del total de esquejes sembrados.

Imagen 44. Bosquejo de sembrado en campo



Fuente: Propia

Ensayo de DPL con mejoramiento de Pasto Vetiver

Luego de haber realizado la siembra del pasto Vetiver en el talud de estudio, se espero los 4 meses que nos indica la bibliografía que se debe esperar para que el pasto vetiver se establezca en el suelo y podamos notar un incremento de la resistencia en el talud. Para medir la resistencia de los estratos del talud se volvieron a realizar ensayos de DPL, distribuidos en 5 puntos específicos, referentemente cerca a los primeros puntos tomados para el talud sin mejoramiento con pasto Vetiver, los cuales serán comparados para poder determinar el porcentaje de incremento mediante el sembrado de pasto Vetiver.

El proceso para la realización es el mismo que cuando hicimos los ensayos de DPL sin el mejoramiento de pasto Vetiver, en el que se va registrando el numero de golpes con el cual una varilla de acero va ingresando cada 10 cm al terreno.

Imagen 46. Ensayo DPL a talud con mejoramiento con pasto Vetiver



Fuente: Propia

Imagen 47. Ensayo de DPL aplicado a talud con mejoramiento con pasto Vetiver



Fuente: Propia

Análisis de muestras en laboratorio

Clasificación de suelo por Perfil Estratigráfico

Luego de realizar las calicatas, por medio de la vista en campo de las paredes de la calicata se procedió a obtener el perfil estratigráfico del talud, el cual se entiende que es un perfil el cual nos indica una sección vertical a través del terreno que nos muestra los espesores y el orden de sucesión de los estratos.

Clasificación SUCS

La clasificación SUCS se a utilizado de manera en la que mediante los ensayos de granulometría y plasticidad que estos presentan, mediante una tabla para cada tipo de suelo, para ello se dividen en 2 partes:

Suelos Gruesos

En la presencia de gravas (G) y las arenas (S) en el suelo grueso, del modo que un suelo pertenece al grupo de gravas (G) si la mitad de la fracción gruesa (G), si esta cantidad es superior al de la fracción gruesa retenida por la malla N° 4 y pertenece al grupo de arenas (S) en caso contrario.

Las gravas se subdividen en cuatro grupos (GW, GP, GM, GC), y de igual manera para las arenas (SW, SP, SM, SC). De igual manera GW se refiere a gravas bien graduadas, GP indica gravas pobremente graduadas, el símbolo GM significa gravas limosas y el símbolo GC indica gravas arcillosas.

Por último, nos mencionan que en el apartado de arenas SW indica arenas bien graduadas, SP indican arenas mal graduadas, SM indica arenas limosas y SC indica arenas arcillosas. [23]

Imagen 48. Clasificación de suelos gruesos - SUCS

| DIVISIONES PRINCIPALES | | Simbolos del grupo | NOMBRES TÍPICOS | IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO | | | |
|---|--|--|-----------------|---|---|--|--|
| SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200. | GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm). | Gravas limpias (sin o con Pocos finos). | GW | Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos. | Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% >GW, GP, SW, SP. >12% >GM, GC, SM, SC. 5 al 12% >casos límite que requieren usar doble símbolo. | Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >4 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ x D ₆₀ entre 1 y 3 | |
| | | | GP | Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos. | | No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW. | |
| | | Gravas con finos (apreciable cantidad de finos). | GM | Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo. | Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4. | Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo. | |
| | | | GC | Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla. | Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7. | | |
| | ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm). | Arenas limpias (pocos o sin finos). | SW | Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos. | Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >6 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ x D ₆₀ entre 1 y 3 | | |
| | | | SP | Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos. | | Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW. | |
| | | Arenas con finos (apreciable cantidad de finos). | SM | Arenas limosas, mezclas de arena y limo. | | Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4. | Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble. |
| | | | SC | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla. | | Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7. | |

Fuente: Libro Braja Das: Fundamentos de ingeniería geotécnica.

Suelos Finos

En los suelos finos el sistema los considera agrupados según su límite plástico, en el que se consideran como limos y arcillas a los que tienen menor del 50% del límite, los que tienen un límite mayor al 50% y un grupo para suelos finos altamente orgánicos.

Para suelos con límite plástico menor al 50% son suelos de compresibilidad baja o media, a los cuales se les añade los sufijos L y prefijos M, C y O, y así obteniéndose ML (limos inorgánicos de baja compresibilidad), CL (arcillas inorgánicas de baja compresibilidad), OL (limos orgánicos de baja compresibilidad).

Para suelos con límite plástico mayor al 50% son suelos de compresibilidad alta, a los cuales se les añade los sufijos H y los sufijos M, C y O, y así obteniéndose MH (limos inorgánicos de alta compresibilidad), CH (arcillas inorgánicas de baja compresibilidad), OH (limos orgánicos de alta compresibilidad).

Para los suelos altamente orgánicos se denominan con el símbolo P. [23]

Imagen 49. Clasificación de suelos finos - SUCS

| DIVISIONES PRINCIPALES | | Símbolos del grupo | | NOMBRES TÍPICOS | |
|--|--|--------------------|---|-----------------|--|
| SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200 | Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50 | ML | Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad. | CL | Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas. |
| | Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50 | OL | Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad. | MH | Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos. |
| | | CH | Arcillas inorgánicas de plasticidad alta. | OH | Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos. |
| | | PT | Turba y otros suelos de alto contenido orgánico. | | |
| | | | | | |
| | Suelos muy orgánicos | | | | |

Fuente: Libro Braja Das: Fundamentos de ingeniería geotécnica.

Clasificación AASHTO

El sistema de clasificación AASHTO actualmente en uso se muestra en la figura. Bajo este sistema el suelo se clasifica en las categorías: A-1 a A-7. El suelo clasificado en los grupos A-1, A-2 y A-3 este material esta particulado en el que el 35% o menos de las partículas pasan el tamiz N° 200. Mas del 35% del suelo pasa por el tamiz N° 200, estos se dividen en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. [24]

Imagen 50. Clasificación de suelos según AASHTO

| *DIVISIÓN GENERAL | | Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM # 200) | | | | | | | Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM # 200) | | | | |
|---|-------|---|-------|---------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|---|------|-------------------|--------------------|--------------------|
| GRUPO | | A-1 | | A-3 | A-2 | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 | | |
| Subgrupo | | A-1-a | A-1-b | A-3 | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | A-4 | A-5 | A-6 | A-7-5 | A-7-6 |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz) | | | | | | | | | | | | | |
| Serie ASTM | # 10 | ≤ 50 | | | | | | | | | | | |
| | # 40 | ≤ 30 | ≤ 50 | ≥ 51 | | | | | | | | | |
| | # 200 | ≤ 15 | ≤ 25 | ≤ 10 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 |
| ESTADOS DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM # 40) | | | | | | | | | | | | | |
| Límite Líquido | | | | NP | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | > 41 (IP<LL-30) | > 41 (IP>LL-30) |
| Índice de plasticidad | | ≤ 6 | | | ≤ 10 | ≤ 10 | ≥ 11 | ≥ 11 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≥ 11 | ≥ 11 | ≥ 11 |
| ÍNDICE DE GRUPO | | 0 | | 0 | 0 | | | ≤ 4 | ≤ 8 | ≤ 12 | ≤ 20 | ≤ 20 | |
| TIPOLOGÍA | | Fragmentos de piedra, grava y arena | | Arena fina | Gravas y arenas limosas o arcillosas | | | | Suelos limosos | | Suelos arcillosos | | |
| CALIDAD | | EXCELENTE A BUENA | | | | | | | ACEPTABLE A MALA | | | | |
| IG= (F-35) (0.2+0.005(LL-40))+0.01 (F-15) (IP-10); F: % pasado por el tamiz N° 200, LL: limite líquido; IP: índice plástico." | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Libro Braja Das: Fundamentos de ingeniería geotécnica.

Para clasificar el suelo, el método AASHTO, se basa en los diferentes criterios como el tamaño del grano, la plasticidad y la exclusión de los cantos y guijarros.

Tabla 5. Criterios de clasificación del método AASHTO

| Tamaño del grano | | | Plasticidad | | Cantos y Guijarros |
|---|----------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|--|
| Grava | Arena | Limo y arcilla | Arcillas | Limos | |
| - Pasa el tamiz de 75 mm. - Es retenida en el tamiz N° 10. | - Pasa el tamiz de 200 mm. | - Fracción que pasa el tamiz N° 200. | - Índice de plasticidad de 10 a menos. | - Índice de plasticidad mayor a 11 | - Se excluyen los que excedan a 75 mm. |

Fuente: Propia

Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado

Con la muestra se procedió a realizar el ensayo del análisis granulométrico por tamizado mediante los procedimientos que nos indica la norma ASTM D-422, la norma MTC E 107 y la norma AASTHO T88 para determinar mediante los tamices los tamaños de las partículas por las que está compuesta el suelo.

Imagen 51. Pesado de 1500 gr de muestra para análisis



Fuente: Propia

Después de tener nuestra muestra uniforme de suelo extraído de las calicatas se pesa la muestra seleccionada y se lleva a secarlo por la estufa hasta obtener una masa constante y que se verifica poniendo un vidrio sobre la muestra este no se llena de vapor significa que la muestra a secado uniformemente, se determina el peso del material secado al horno usando la misma balanza.

Imagen 52. Secado de muestra mediante estufa



Fuente: Propia

De la muestra seca se extrae una porción de suelo el cual será lavado a través del tamiz N° 200, para luego pesar y determinar la cantidad de finos en la muestra restando el peso de la muestra seca menos el peso de la muestra lavada.

Imagen 53. Lavado de muestra por el tamiz N° 200



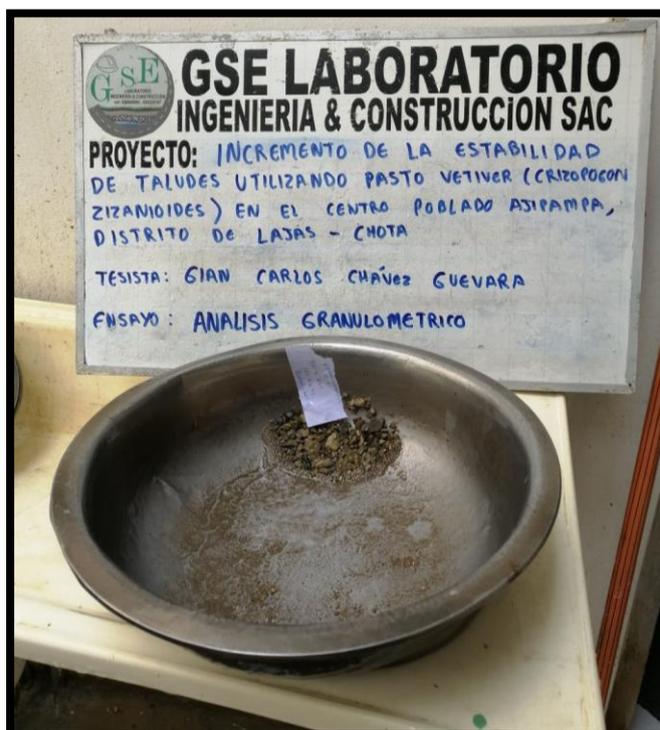
Fuente: Propia

La muestra procede a ser analizada de forma que pase los tamices N° 4, N° 10, N° 20, N° 30, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200 con las aberturas que se indica en la tabla. Se pesa la cantidad de muestra retenida en cada tamiz y se procede a llevar todos los datos para analizarlos y hallar la curva granulométrica.

Tabla 6. Tamices usados para análisis granulométrico

| Tamiz | Abertura (mm) |
|--------|---------------|
| 3" | 75.000 |
| 1 1/2" | 38.100 |
| 3/4" | 19.000 |
| 3/8" | 9.500 |
| N° 4 | 4.760 |
| N° 8 | 2.360 |
| N° 16 | 1.100 |
| N° 30 | 0.590 |
| N° 50 | 0.297 |
| N° 100 | 0.149 |
| N° 200 | 0.075 |

Imagen 54. Muestra lavada por tamiz N° 200



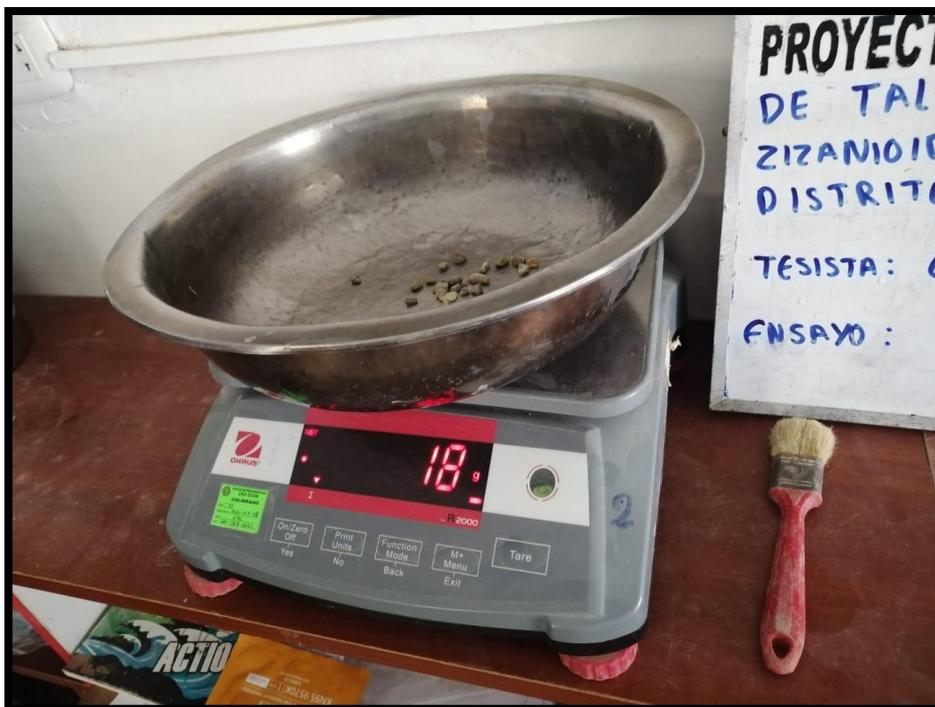
Fuente: Propia

Imagen 55. Tamizado de muestra



Fuente: Propia

Imagen 56. Pesado de muestra retenida



Fuente: Propia

Una vez obtenido los pesos retenidos en los tamices, se procede a calcular el porcentaje retenido por cada tamiz para las muestras de las 3 calicatas mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{Retenido} = \frac{W_{\text{tamiz}}}{W_1} \times 100$$

Donde:

W tamiz: Peso retenido en cada tamiz

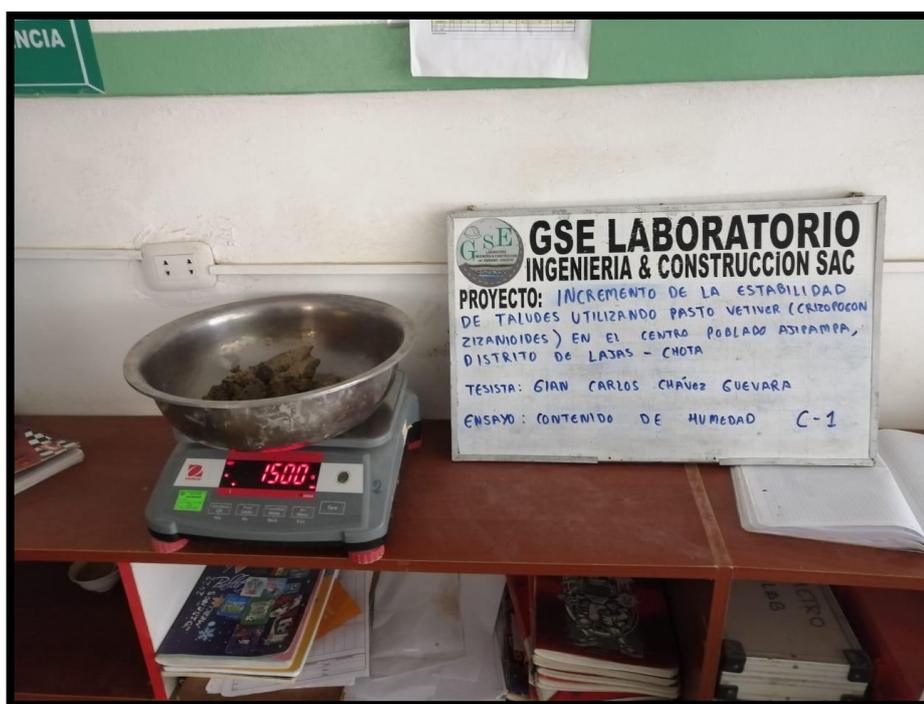
W1: Peso de la muestra seca en estufa

Ensayo de Contenido de Humedad

Con la muestra también se procedió a realizar el contenido de humedad de la muestra extraída de las calicatas realizadas, para lo cual se utilizó las consideraciones que nos da para realizar este ensayo la norma MTC E 108 y la norma ASTM D 2218.

Para realizar el ensayo de contenido de humedad se tomó una muestra representativa, para luego después de tarar la balanza se procediera a pesar el contenido de la muestra.

Imagen 57. Pesado de la muestra



Fuente: Propia

La muestra extraída se lleva a secar mediante estufa hasta que pierda todo el contenido de humedad que este tenga, e ir revisándolo mediante un vidrio en el cual revisamos que si al ponerlo por 5 segundos no sale con vapor de agua significa que la masa ya esta seca.

Imagen 58. Secado de muestra en estufa



Fuente: Propia

Los datos extraídos se usan para el calculo del contenido de humedad de la muestra, en el cual pesamos la muestra seca para luego en el informe usar la siguiente formula brindada por la normativa:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{CBS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_w}{M_s}$$

Donde:

W: Contenido de humedad (%)

M_{CBS}: Peso del contenedor mas el suelo húmedo (gr)

M_{CS}: Peso del contenedor mas el suelo secado en el horno (gr)

M_c : Peso del contenedor (gr)

M_w : Peso del agua (gr)

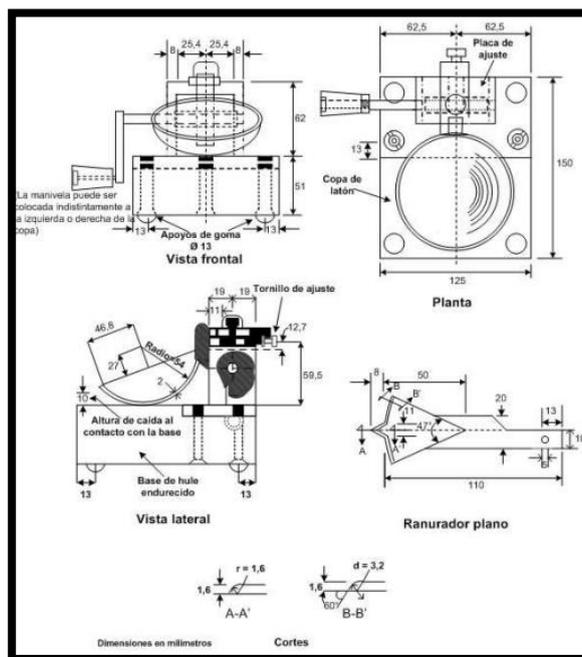
M_s : Peso de las partidas solidas (gr)

Ensayo de Limites de Consistencia

Ensayo de Limite Liquido del suelo (LL) - MTC E 110

Para verificar, coloque un poco de la tierra preparada en la copa del dispositivo de límite líquido, el suelo va a ser presionado y extendido sobre la base del mismo, hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal. [25]

Imagen 59. Aparato manual para limite liquido



Fuente: MTC. Manual de ensayo de materiales

Imagen 60. Muestreo en la copa



Fuente: MTC. Manual de ensayo de materiales

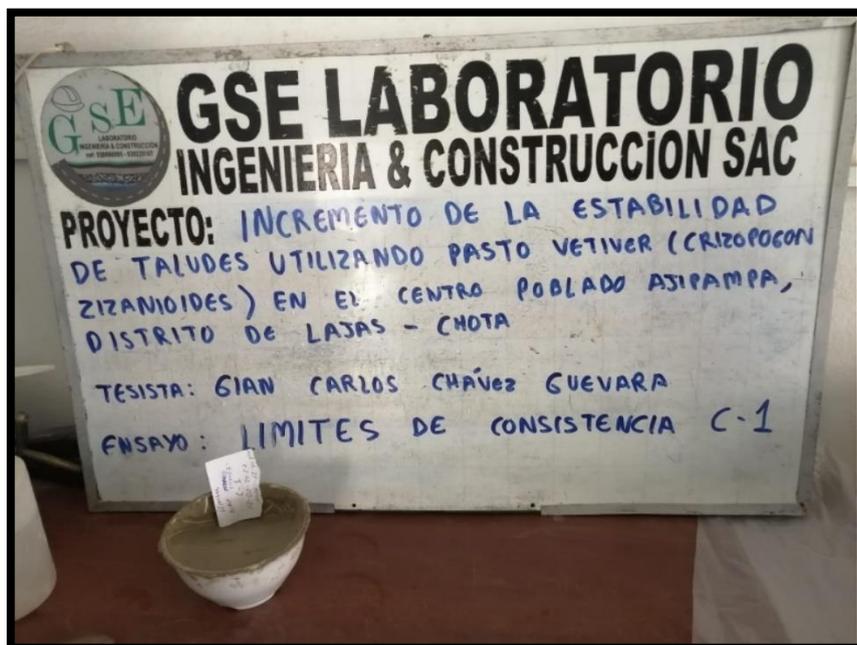
Se separa 100 gr de la muestra tamizada por la malla N° 40 y se realiza una mezcla entre el suelo y el agua de tal manera que nos quede una mezcla homogénea entre ambas, esta mezcla se deja reposar por 24 horas.

Imagen 61. Preparación de mezcla homogénea



Fuente: Propia

Imagen 62. Mezcla homogénea en reposo



Fuente: Propia

Utilizando el acanalador para dividir la muestra contenida en la copa, haciendo un surco a través del suelo, siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa. Cuando se tenga un corte del surco, mantener el acanalador contra la superficie de la copa y trazar un arco, manteniendo la corriente perpendicular a la superficie de la copa en todo su movimiento. [25]

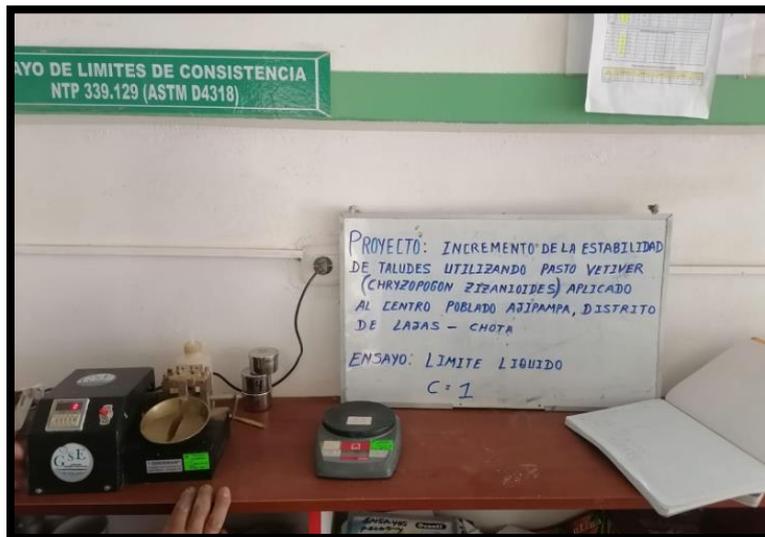
Imagen 63. Corte de ranura para limite liquido



Fuente: Propia

Subir y bajar la copa girando el asa a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que los dos lados lleguen a tener contacto las dos mitades en la base con una longitud de ranura de 13 mm (1/2 pulg).

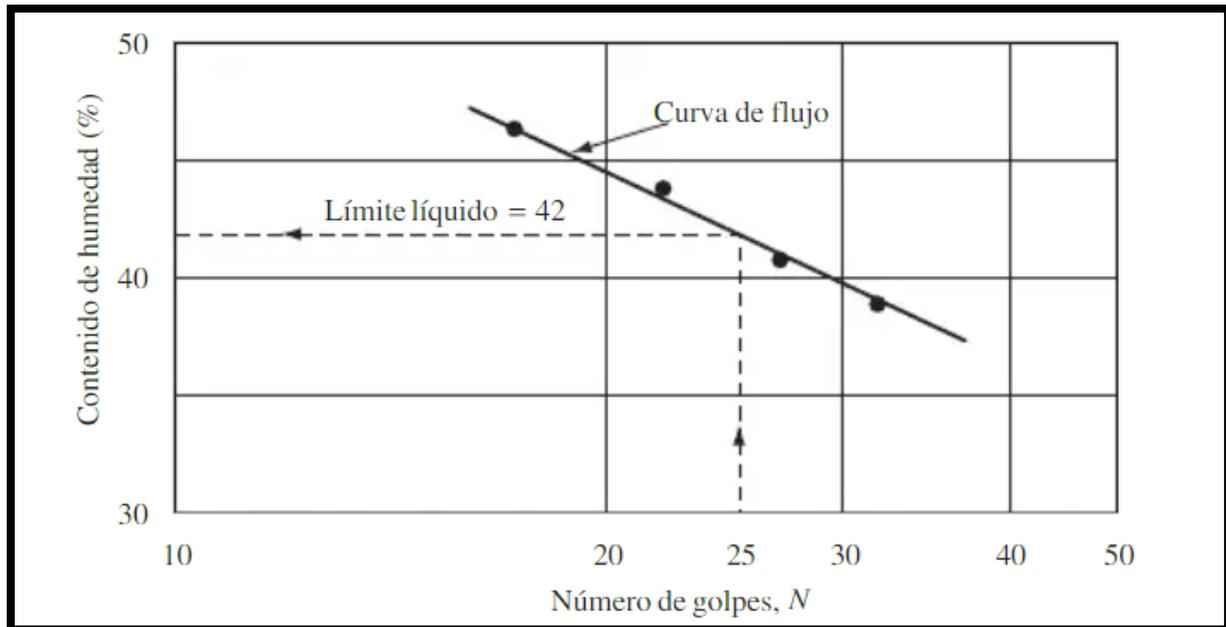
Imagen 64. Ensayo en la copa Casagrande



Fuente: Propia

Se ingresa el número de golpes, N , necesario para cerrar la ranura. Tomar un trozo de muestra de aproximadamente de ancho de la espátula, la cual se debe extender de un extremos al otro de trozo de tierra perpendicular a la ranura, incluyendo la porción de tierra de la ranura, luego se debe colocar en un recipiente de peso conocido, y cubrirlo.

Imagen 65. Curva de flujo



Fuente: MTC. Manual de ensayo de materiales

Con los datos hallados procedemos a determinar el índice líquido para cada espécimen utilizando las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^n \left(\frac{N^{0.121}}{25} \right)$$

$$LL = kW^n$$

Donde:

N : Numero de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad

W^n : Contenido de humedad del suelo

K : factor dado según el numero de golpes

Tabla 7. Determinación del factor k según el número de golpes

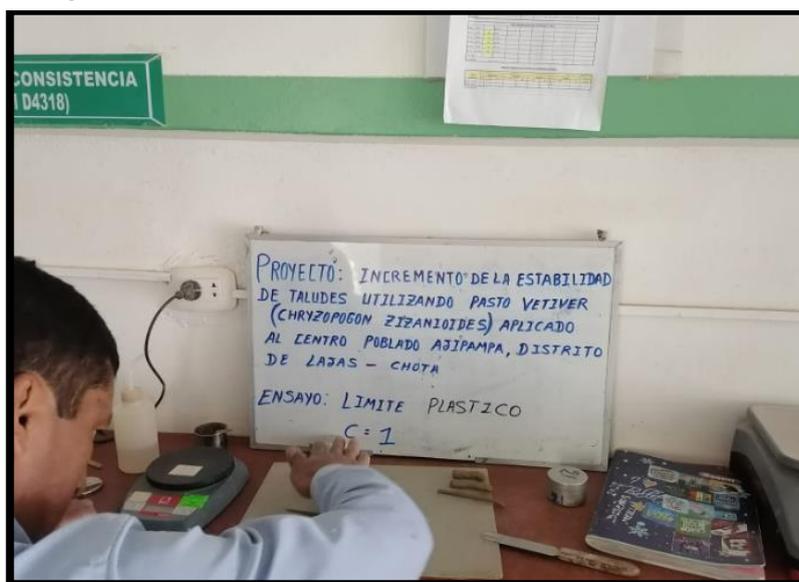
| N (Numero de golpes) | K (factor para limite liquido) |
|----------------------|--------------------------------|
| 20 | 0.974 |
| 21 | 0.979 |
| 22 | 0.985 |
| 23 | 0.990 |
| 24 | 0.995 |
| 25 | 1.000 |
| 26 | 1.005 |
| 27 | 1.009 |
| 28 | 1.014 |
| 29 | 1.018 |
| 30 | 1.022 |

Tabla adoptada de MTC. Manual de ensayo de materiales

Ensayo de Limite Plástico del Suelo (LP) e Índice de plasticidad (IP) - MTC E 111

Para realizar el ensayo de limite plástico se toman 50 gr de muestra preparada anteriormente, la cual nos va a servir para realizar bastoncillos con los dedos.

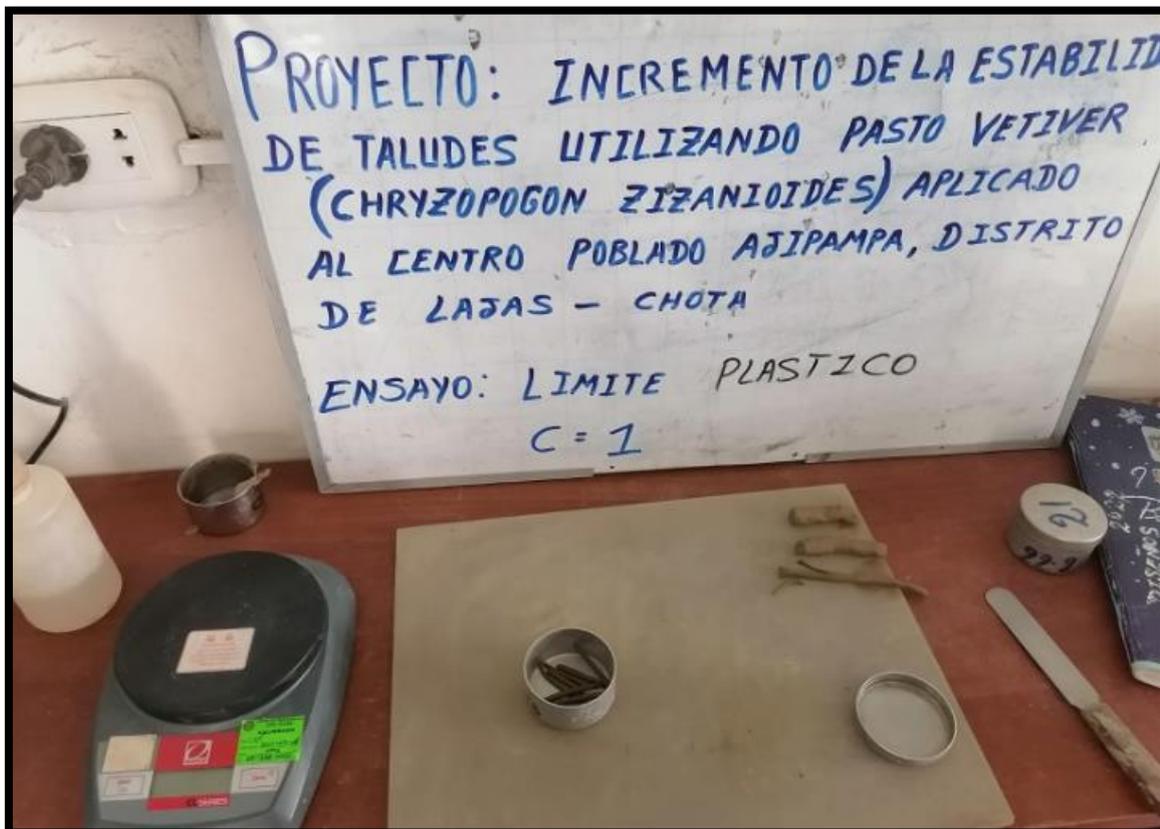
Imagen 66. Formación de cilindros



Fuente: Propia

Si el desmoronamiento sucede antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8"), se vuelve a formar el elipsoide y a repetir el proceso las veces que se crea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro. [25]

Imagen 67. Bastoncillo de 3.2 mm de diámetro



Fuente: Propia

La realización del límite plástico de la muestra se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$LP = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}}$$

Respecto al índice de plasticidad, al que se entiende como la diferencia entre límite líquido y límite plástico se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

LL: Límite Líquido

LP: Límite Plástico

Casos de aplicación

Para esta parte de la investigación del talud de estudio, se realizó una modelación y análisis del factor de seguridad utilizando el software Slide V6.0, con ello se podrá comparará resultados para el talud sin mejoramiento y con mejoramiento de pasto Vetiver.

Análisis estático del talud

Se realizo un análisis del talud aplicando parámetros de resistencia del suelo, los cuales se obtuvieron de los ensayos de campo y los ensayos de laboratorio. Estos parámetros son cohesión, peso específico y ángulo de fricción interna para definir las propiedades mecánicas del suelo en el software y por ultimo verificar la estabilidad mediante el factor de seguridad por los métodos de Spencer, Bishop simplificado y Morgenstern – Price.

Análisis Pseudoestatico del talud

Además del análisis estático, también se realizó un análisis pseudoestatico del talud donde consistió en aplicar coeficientes sísmicos obtenidos a base del mapa de aceleraciones del Perú para la zona de estudio, este valor al ser introducido al software nos permite obtener el factor de seguridad del talud frente a un posible evento sísmico.

Matriz de consistencia

Tabla 8. Matriz de consistencia

| MATRIZ DE CONSISTENCIA | | | | | |
|--|--|--|---------------------------------------|--|-----------------------------------|
| FORMULACION DEL PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPOTESIS | OPERALIZACION | | |
| | | | VARIABLES | INDICADORES | INSTRUMENTOS |
| ¿Se podra incrementar la estabilizacion de taludes usando el pasto Vetiver (Chryzopogon Zizanioides), en el centro poblado Ajipampa, distrito de Lajas - Chota | Objetivo General | Al sembrar esquejes de pasto Vetiver (Chryzopogon Zizanioides) en el talud que presenta antecedentes de deslizamientos en el centro poblado Ajipampa este puede adquirir mayor resistencia ayudado por las raices de este pasto. | Variable independiente | Propiedades de Pasto vetiver | --- |
| | Proponer la aplicación de pasto Vetiver (Chryzopogon Zizanioides) para el incremento de la estabilización de taludes en el centro poblado Ajipampa, distrito de Lajas - Chota" | | Aplicación de pasto Vetiver | Criterios de aplicación de pasto Vetiver | --- |
| | Objetivos Específicos | | Variable dependiente | Topografía del talud | Levantamieto topografico y planos |
| | Analizar la resistencia del suelo mediante ensayos de Penetración Dinámica Ligera para el talud con refuerzo y sin refuerza de pasto Vetiver | | Incremento de la estabilidad de talud | | |
| | Determinar y estudiar la geología y geotecnia que afecta al talud | | | Factor de seguridad | Software Slide |
| | Identificar los criterios para la siembra del pasto Vetiver en la estabilización de taludes | | | Analisis estatico de suelos | Norma Tecnica y software Slide |
| | Realizar el análisis de estabilidad en condiciones estáticas y pseudoestaticas de carga | | | Analisis pseudoestatico de suelos | Norma Tecnica y software Slide |
| | Realizar el modelamiento de la influencia de pasto Vetiver en la estabilidad de taludes | | | | |

Fuente: Propia

Resultados

Análisis de la zona de estudio

Ubicación de zona de estudio

Para esta investigación se identificó un lugar de estudio, el consiste en un talud ubicado en el centro poblado Ajipampa, distrito de Lajas, provincia de Chota, región Cajamarca, en el cual se realizó un levantamiento topográfico, calicatas y ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL), los cuales nos darían resultados representativos para poder realizar el análisis y ejecución de la tesis.

Geográficamente el talud de estudio se encuentra ubicado a espaldas del centro educativo N° 10425 – Ajipampa, ubicado en el Km 138.25 de la carretera Chota – Chiclayo, mientras que el centro poblado Ajipampa se encuentra ubicado al norte del centro poblado El Lirio y al noroeste del centro poblado Montán.

Imagen 68. Ubicación de talud de aplicación de pasto Vetiver



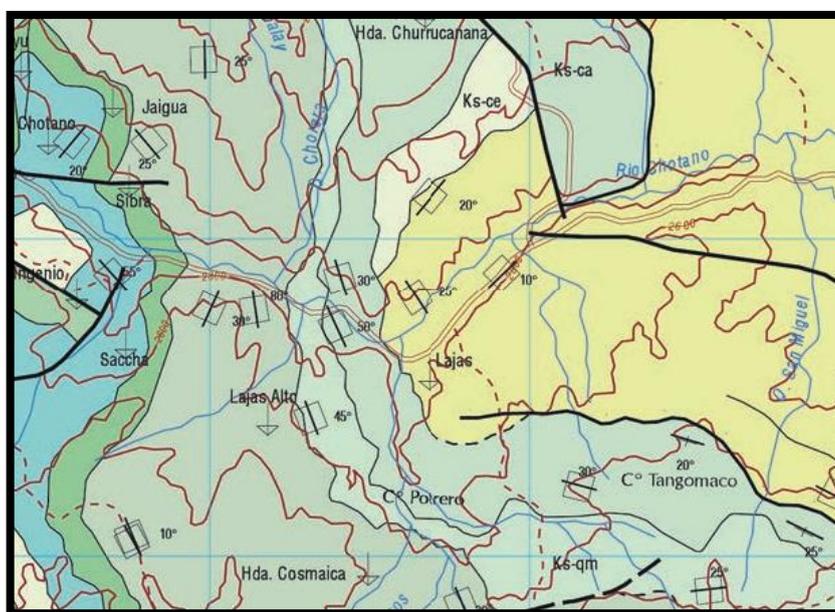
Fuente: Mapcarta.com

Análisis de geología y sismicidad del talud

Para realizar el análisis de la geología se empleó la información brindada por el boletín geológico N° 38 de geología de los cuadrángulos de. Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d), Chepén (15-e). 1998 (INGEMMET).

La información geológica usada para este proyecto se concentra en el cuadrángulo que corresponde a Chota (14-f) (Carlotto et al 1996), necesario para definir las características estratigráficas de la zona geológica a tratar.

Imagen 69. Carta geológica nacional



Fuente: INGEMMET

Geomorfología

El centro poblado Ajipampa se ubica en el cuadrángulo de Chota hoja 14-f, ubicado políticamente en:

- País: Perú
- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Chota
- Distrito: Lajas

Este centro poblado corresponde a la “Superficie Puna” descrita por MC LAUGHLIN (1924), el cual alcanza su desarrollo máximo en el sector meridional de los cuadrángulos de Chota y Celendín como una superficie ondulada, que yace entre los 3800 y 4000 m.s.n.m. [26]

Los taludes de la carretera Lajas – Ajipampa; presenta una geometría variada: altura de 5m a 40m, pie de talud de 5m hasta 40m, pendientes de 40° a 85°, geologicamente se caracteriza por las formaciones Pariatambo, Pulluicana, Quilquiñan-Majarrún, Cajamarca, depósitos cuaternarios coluviales, deluviales y fluviales; por sus propiedades geomecánicas son materiales frágiles y suelos deluviales que son materiales ductiles. [27]

Estratigrafía

La estratigrafía de la zona de estudio pertenece al grupo Quilquiñan, para lo cual la formación Chota, la cual se creó por el levantamiento del cretáceo terminal que dio origen a los depósitos continentales de la formación que yace en la discordancia erosional sobre la formación Celendín.

Formación Quilquiñan: Se caracteriza por su variedad de fauna fosilífera, y se compone de lutitas deleznales gris oscuras y margas azuladas en capas delgadas que intemperizan a marrón oscuro o marrón rojizo con intercalación de calizas generalmente delgadas y escasas. [27].

Geodinámica interna (Sismicidad)

Peligro sísmico comprende a la probabilidad de que por motivo de las fallas geológicas en la corteza terrestre se produzcan ondas que afecten el comportamiento físico y natural de los taludes y suelos, provocando ruptura de suelos, licuefacción de suelos, entre otras.

La zona de estudio se ubica en la zona 04 según el mapa de Zonificación Sísmica del Perú y corresponde a una zona de sismicidad media.

De acuerdo a la Norma E 0.30 Diseño Sismo Resistente se tomaron los valores de la zona identificada para el estudio:

Imagen 70. Mapa sísmico del Perú



Fuente: Norma E 0.30 – Diseño Sismo Resistente

- Zonificación del terreno: Limos de alta plasticidad
- Factor de Zona: $Z = 0.45$
- Clasificación de Suelo: $S4 = 1.40$
- Periodo Predominante: $Tp = 0.90$

Geodinámica externa

Durante el estudio del área de ejecución del proyecto y su entorno no se visualizaron riesgos geológicos por procesos de geodinámica externa que pudieran afectar a la vulnerabilidad de la obra.

Topografía de zona de estudio

Para poder obtener los datos geométricos del talud, se realizó un levantamiento topográfico mediante el uso de estación total, en donde se tomaron datos del talud y de zonas cercanas para referenciarlo y obtener en un plano de ubicación, plano de siembra y plano de perfil longitudinal del talud.

La topografía realizada nos permite conocer las características geométricas de la zona de estudio, estos datos se utilizarán para poder determinar la pendiente media natural y las mediciones del talud presentadas en la siguiente tabla, con las cuales escogemos las distancias de siembra.

Tabla 9. Propiedades geométricas del talud

| CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL TALUD | | |
|---------------------------------------|--------------|---|
| Talud de estudio | | |
| Pendiente | 39.7 (4H:1V) | % |
| Distancia vertical | 36.82 | m |
| Distancia horizontal | 92.63 | m |
| Ancho de escarpe | 15.39 | m |

Fuente: Propia

Análisis geológico de zona de estudio

Ensayo de DPL sin mejoramiento de Pasto Vetiver

Al terreno sin las plantaciones de pasto Vetiver se le realizaron 5 estudios de DPL repartidas uniformemente sobre el terreno para poder determinar la resistencia del mismo, los informes de laboratorio se encuentran en los anexos del documento. Los resultados de los ensayos de DPL se presentan en las siguientes tablas:

Punto DPL N° 01

Tabla 10. DPL sin pasto Vetiver para punto N° 01

| Profundidad (m) | N ₁₀ | Consistencia | Q _{adm} (Kg/cm ²) |
|--------------------|-----------------|--------------|---|
| 0.1 | 6 | Blanda | 1.16 |

| | | | |
|-----|----|------------|------|
| 0.2 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.3 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.4 | 2 | Muy Blanda | 0.39 |
| 0.5 | 2 | Muy Blanda | 0.39 |
| 0.6 | 2 | Muy Blanda | 0.39 |
| 0.7 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.8 | 8 | Media | 1.55 |
| 0.9 | 17 | Rigida | 3.29 |
| 1 | 16 | Rigida | 3.1 |
| 1.1 | 11 | Media | 2.13 |
| 1.2 | 12 | Media | 2.32 |
| 1.3 | 13 | Rigida | 2.52 |
| 1.4 | 11 | Media | 2.13 |
| 1.5 | 9 | Media | 1.74 |
| 1.6 | 12 | Media | 2.32 |
| 1.7 | 14 | Rigida | 2.71 |
| 1.8 | 16 | Rigida | 3.1 |
| 1.9 | 18 | Rigida | 3.49 |
| 2 | 21 | Rigida | 4.07 |
| 2.1 | 23 | Muy Rigida | 4.46 |
| 2.2 | 26 | Muy Rigida | 5.04 |
| 2.3 | 28 | Muy Rigida | 5.42 |
| 2.4 | 32 | Muy Rigida | 6.2 |
| 2.5 | 34 | Muy Rigida | 6.59 |
| 2.6 | 38 | Muy Rigida | 7.36 |
| 2.7 | 41 | Muy Rigida | 7.94 |
| 2.8 | 45 | Muy Rigida | 8.72 |
| 2.9 | 47 | Dura | 9.1 |
| 3 | 50 | Dura | 9.68 |

Fuente: Elaboración propia

Punto DPL N° 02

Tabla 11. DPL sin pasto Vetiver para punto N° 02

| <i>Profundidad (m)</i> | <i>N₁₀</i> | <i>Consistencia</i> | <i>Q_{adm} (Kg/cm²)</i> |
|----------------------------|-----------------------|---------------------|--|
| 0.1 | 4 | Blanda | 0.77 |
| 0.2 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.3 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.4 | 1 | Muy Blanda | 0.19 |
| 0.5 | 1 | Muy Blanda | 0.19 |
| 0.6 | 1 | Muy Blanda | 0.19 |
| 0.7 | 1 | Muy Blanda | 0.19 |
| 0.8 | 2 | Muy Blanda | 0.39 |
| 0.9 | 4 | Blanda | 0.77 |
| 1 | 6 | Blanda | 1.16 |
| 1.1 | 8 | Media | 1.55 |
| 1.2 | 14 | Rigida | 2.71 |
| 1.3 | 13 | Rigida | 2.52 |
| 1.4 | 15 | Rigida | 2.91 |
| 1.5 | 12 | Media | 2.32 |
| 1.6 | 13 | Rigida | 2.52 |
| 1.7 | 14 | Rigida | 2.71 |
| 1.8 | 17 | Rigida | 3.29 |
| 1.9 | 23 | Muy Rigida | 4.46 |
| 2 | 26 | Muy Rigida | 5.4 |
| 2.1 | 29 | Muy Rigida | 5.62 |
| 2.2 | 32 | Muy Rigida | 6.2 |
| 2.3 | 35 | Muy Rigida | 6.78 |
| 2.4 | 38 | Muy Rigida | 7.36 |
| 2.5 | 41 | Muy Rigida | 7.94 |
| 2.6 | 45 | Muy Rigida | 8.72 |
| 2.7 | 50 | Dura | 9.68 |

Fuente: Elaboración propia

Punto DPL N° 03*Tabla 12. DPL sin pasto Vetiver para punto N° 03*

| Profundidad (m) | N₁₀ | Consistencia | Q_{adm} (Kg/cm²) |
|----------------------------|-----------------------|---------------------|--|
| 0.1 | 5 | Blanda | 0.97 |
| 0.2 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.3 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.4 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.5 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.6 | 4 | Blanda | 0.77 |
| 0.7 | 4 | Blanda | 0.77 |
| 0.8 | 2 | Muy Blanda | 0.39 |
| 0.9 | 3 | Blanda | 0.38 |
| 1 | 7 | Media | 1.36 |
| 1.1 | 28 | Muy Rigida | 5.42 |
| 1.2 | 10 | Media | 1.94 |
| 1.3 | 15 | Rigida | 2.61 |
| 1.4 | 15 | Rigida | 2.61 |
| 1.5 | 17 | Rigida | 3.29 |
| 1.6 | 20 | Rigida | 3.87 |
| 1.7 | 22 | Rigida | 4.26 |
| 1.8 | 24 | Muy Rigida | 4.65 |
| 1.9 | 27 | Muy Rigida | 5.23 |
| 2 | 30 | Muy Rigida | 5.81 |
| 2.1 | 32 | Muy Rigida | 6.2 |
| 2.2 | 34 | Muy Rigida | 6.59 |
| 2.3 | 36 | Muy Rigida | 6.97 |
| 2.4 | 38 | Muy Rigida | 7.36 |
| 2.5 | 41 | Muy Rigida | 7.94 |
| 2.6 | 43 | Muy Rigida | 8.33 |
| 2.7 | 45 | Muy Rigida | 8.72 |
| 2.8 | 52 | Dura | 10.7 |

Fuente: Elaboración propia

Punto DPL N° 04

Tabla 13. DPL sin pasto Vetiver para punto N° 04

| Profundidad (m) | N₁₀ | Consistencia | Q_{adm} (Kg/cm²) |
|----------------------------|-----------------------|---------------------|--|
| 0.1 | 4 | Blanda | 0.77 |
| 0.2 | 2 | Muy Blanda | 0.39 |
| 0.3 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.4 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.5 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.6 | 4 | Blanda | 0.77 |
| 0.7 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.8 | 8 | Media | 1.55 |
| 0.9 | 17 | Rigida | 3.29 |
| 1 | 10 | Media | 1.94 |
| 1.1 | 9 | Media | 1.74 |
| 1.2 | 9 | Media | 1.74 |
| 1.3 | 10 | Media | 1.94 |
| 1.4 | 13 | Rigida | 2.52 |
| 1.5 | 16 | Rigida | 3.1 |
| 1.6 | 21 | Rigida | 4.7 |
| 1.7 | 24 | Muy Rigida | 4.75 |
| 1.8 | 28 | Muy Rigida | 5.42 |
| 1.9 | 31 | Muy Rigida | 6 |
| 2 | 33 | Muy Rigida | 6.39 |
| 2.1 | 35 | Muy Rigida | 6.78 |
| 2.2 | 38 | Muy Rigida | 7.36 |
| 2.3 | 41 | Muy Rigida | 7.94 |
| 2.4 | 43 | Muy Rigida | 8.33 |
| 2.5 | 45 | Muy Rigida | 8.72 |
| 2.6 | 49 | Dura | 9.49 |

| | | | |
|-----|----|------|-------|
| 2.7 | 52 | Dura | 10.7 |
| 2.8 | 54 | Dura | 10.46 |

Fuente: Elaboración propia

Punto DPL N° 05

Tabla 14. DPL sin pasto Vetiver para punto N° 05

| Profundidad (m) | N ₁₀ | Consistencia | Q _{adm} (Kg/cm ²) |
|--------------------|-----------------|--------------|---|
| 0.1 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.2 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.3 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.4 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.5 | 4 | Blanda | 0.77 |
| 0.6 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.7 | 2 | Muy Blanda | 0.39 |
| 0.8 | 7 | Media | 1.36 |
| 0.9 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 1 | 5 | Blanda | 0.97 |
| 1.1 | 6 | Blanda | 1.16 |
| 1.2 | 6 | Blanda | 1.16 |
| 1.3 | 4 | Blanda | 0.77 |
| 1.4 | 11 | Media | 2.13 |
| 1.5 | 13 | Rigida | 2.52 |
| 1.6 | 16 | Rigida | 3.1 |
| 1.7 | 21 | Rigida | 4.7 |
| 1.8 | 28 | Muy Rigida | 5.42 |
| 1.9 | 28 | Muy Rigida | 5.42 |
| 2 | 32 | Muy Rigida | 6.2 |
| 2.1 | 30 | Muy Rigida | 5.81 |
| 2.2 | 40 | Muy Rigida | 7.75 |
| 2.3 | 41 | Muy Rigida | 7.94 |
| 2.4 | 43 | Muy Rigida | 8.93 |

| | | | |
|-----|----|------------|-------|
| 2.5 | 45 | Muy Rigida | 8.72 |
| 2.6 | 47 | Dura | 9.1 |
| 2.7 | 49 | Dura | 8.49 |
| 2.8 | 51 | Dura | 9.88 |
| 2.9 | 53 | Dura | 10.27 |
| 3 | 55 | Dura | 10.65 |

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado

En la siguiente tabla se muestra los resultados de las muestras extraídas de las calicatas que pasan por el tamiz N° 200 y por el tamiz N° 04, que nos servirá para poder clasificar el suelo mediante SUCS y AASHTO.

Tabla 15. Resultados de granulometría por tamizado

| N° Calicata | N° Muestra | Profundidad (m) | Granulometría (% que pasa) | |
|----------------|---------------|--------------------|-------------------------------|-----------------|
| | | | Malla N° 04 | Malla N° 200 |
| 1 | M-01 | 3.00 | 95.2 | 89.5 |
| 2 | M-01 | 3.00 | 96.3 | 92.0 |
| 3 | M-01 | 3.00 | 95.0 | 86.6 |

Fuente: Elaboración propia

Clasificación de suelo por AASHTO Y SUCS

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de las muestras de las 3 calicatas mediante el método AASHTO Y SUCS.

Tabla 16. Resultados de clasificación según AASHTO y SUCS

| N° Calicata | N° Muestra | Profundidad (m) | Clasificación | |
|----------------|---------------|--------------------|---------------|------|
| | | | AASHTO | SUCS |
| 1 | M-01 | 3.00 | A-7-6 (17) | CH |
| 2 | M-01 | 3.00 | A-7-6 (18) | CH |
| 3 | M-01 | 3.00 | A-7-6 (16) | MH |

Fuente: Elaboración propia

Estimación de tipo de suelo a escoger para realizar el análisis

Luego de realizar la clasificación de suelo de las 3 calicatas analizadas en las cuales como se puede ver en el ítem anterior se tienen 2 tipos de suelos (CH y MH).

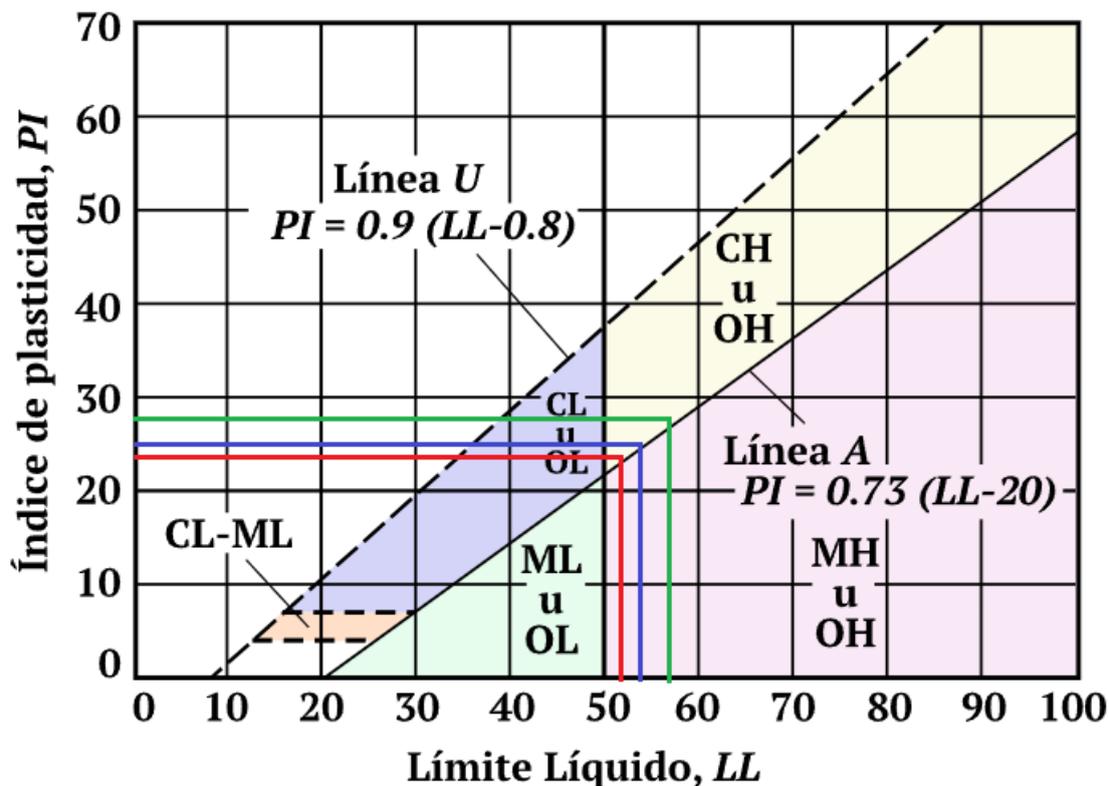
Luego se realizó el análisis de los datos obtenidos mediante los ensayos de laboratorios mediante la carta de plasticidad de Casagrande, en el cual se a graficado los parámetros de plasticidad obtenidos en cada calicata según el siguiente cuadro, con esto hallamos el tipo de suelo al que corresponde cada calicata teniendo en cuenta los límites de Atterberg de cada tipo de suelo como se observa a continuación.

Tabla 17. Parámetros de Atterberg de calicatas

| LIMITE DE ATTERBERG DE CALICATAS | | | |
|----------------------------------|------|-------|------|
| | C1 | C2 | C3 |
| Color de Línea | Azul | Verde | Rojo |
| Tipo de suelo | CH | CH | MH |
| Límite Líquido | 53.5 | 55.5 | 52.6 |
| Índice de plasticidad | 25.2 | 27.2 | 23.1 |

Fuente: Elaboración propia

Imagen 71. Decisión de tipo de suelo mediante carta de plasticidad de Casagrande



Fuente: Ingeniería elemental. com

Mediante este gráfico se determina que al trazar líneas según los valores de límite líquido e índice de plasticidad en la carta de plasticidad para las 3 calicatas, se determina que todas las calicatas están en el límite de tipo de suelo CH, por lo tanto, se tomara como muestra el suelo CH (Arcillas de alta plasticidad) para realizar el análisis de estabilidad del talud.

Ensayo de Contenido de Humedad

En la tabla se muestran los resultados del ensayo de contenido de humedad para las 3 muestras obtenidas de las calicatas, las cuales se extrajeron de una profundidad de 3 metros.

Tabla 18. Resumen de resultados de contenido de humedad

| N° Calicata | N° Muestra | Profundidad (m) | Contenido de Humedad (%) |
|-------------|------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | M-01 | 3.00 | 22.1 |
| 2 | M-01 | 3.00 | 23.6 |

| | | | |
|---|------|------|------|
| 3 | M-01 | 3.00 | 21.8 |
|---|------|------|------|

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de Limites de Consistencia

Ensayo de Limite Liquido del suelo

En la siguiente tabla se muestra los resultados de limite liquido de la muestra de cada calicata y así poder determinar el grado de estabilidad de la subrasante.

Tabla 19. Resumen de Iso resultados de limite liquido

| N° Calicata | N° Muestra | Profundidad (m) | Limite Liquido (%) |
|-------------|------------|-----------------|--------------------|
| 1 | M-01 | 3.00 | 53.5 |
| 2 | M-01 | 3.00 | 55.5 |
| 3 | M-01 | 3.00 | 52.6 |

Fuente: Elaboración propia}

Ensayo de Limite Plástico del Suelo

En la siguiente tabla se muestra los resultados de limite liquido de la muestra de cada calicata y así poder determinar el grado de estabilidad de la subrasante

Tabla 20. Resultados de limite plástico e índice de plasticidad

| N° Calicata | N° Muestra | Profundidad (m) | Limite Plástico (%) | Índice Plástico (%) |
|-------------|------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| 1 | M-01 | 3.00 | 28.2 | 25.3 |
| 2 | M-01 | 3.00 | 28.3 | 27.2 |
| 3 | M-01 | 3.00 | 29.5 | 23.1 |

Fuente: Elaboración propia

Clasificación de suelo por Perfil Estratigráfico

En las siguientes imágenes se muestra el registro de excavación de las calicatas a cielo abierto para poder determinar el perfil estratigráfico de cada una de ellas teniendo en cuenta la excavación realizada y mediante ensayos de laboratorio se llegaron a obtener los diferentes tipos de suelo mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 21. Registro de excavación de calicatas

| REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATAS | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|
| Profundidad | C1 | C2 | C3 |
| Tipo de suelo | CH | | MH |
| 0.00cm - 0.20cm | Material organico de color marron oscuro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad | Material organico de color marron oscuro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad | Material organico de color marron oscuro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad |
| 0.20cm - 3.00m | Profundidad de 0.20 - 3.00m. Estrato clasificado en el sistema "SUCS" , como un suelo "CH", Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, identificado en el sistema "AASHTO", como A-7-6 (17), de color plomo con manchas de color marron, con alto contenido de humedad y alto porcentaje de plasticidad | Profundidad de 0.20 - 3.00m. Estrato clasificado en el sistema "SUCS" , como un suelo "CH", Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, identificado en el sistema "AASHTO", como A-7-6 (17), de color plomo con manchas de color marrón, con alto contenido de humedad y alto porcentaje de plasticidad | Profundidad de 0.20 - 3.00m. Estrato clasificado en el sistema "SUCS" , como un suelo "MH", Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, identificado en el sistema "AASHTO", como A-7-6 (16), de color marrón oscuro, con alto contenido de humedad y alto porcentaje de plasticidad |

Fuente: *Elaboración propia*

Ensayo de DPL con mejoramiento de Pasto Vetiver

Después de estar establecido el terreno con las plantaciones de pasto Vetiver se le realizaron 5 estudios de DPL repartidas uniformemente sobre el terreno para poder determinar la resistencia del mismo, los informes de laboratorio mostraron los siguientes resultados que se encuentran en los anexos del documento. Los resultados de los ensayos de DPL se presentan en las siguientes tablas:

Punto DPL N° 01

Tabla 22. DPL con pasto Vetiver para el punto N° 01

| Profundidad (m) | N ₁₀ | Consistencia | Q _{adm} (Kg/cm ²) |
|-----------------|-----------------|--------------|--|
| 0.1 | 10 | Media | 1.94 |
| 0.2 | 5 | Blanda | 0.97 |
| 0.3 | 6 | Blanda | 1.16 |
| 0.4 | 6 | Blanda | 1.16 |
| 0.5 | 9 | Media | 1.74 |
| 0.6 | 9 | Media | 1.74 |
| 0.7 | 11 | Media | 2.13 |
| 0.8 | 9 | Media | 1.74 |
| 0.9 | 8 | Media | 1.55 |
| 1 | 9 | Media | 1.74 |
| 1.1 | 8 | Media | 1.55 |
| 1.2 | 9 | Media | 1.74 |
| 1.3 | 11 | Media | 2.13 |
| 1.4 | 10 | Media | 1.94 |
| 1.5 | 9 | Media | 1.74 |
| 1.6 | 8 | Media | 1.55 |
| 1.7 | 12 | Media | 2.32 |
| 1.8 | 17 | Rigida | 3.29 |
| 1.9 | 28 | Muy Rigida | 5.42 |
| 2 | 35 | Muy Rigida | 6.78 |
| 2.1 | 50 | Dura | 9.68 |

Fuente: Elaboración propia

Punto DPL N° 02

Tabla 23. DPL con pasto Vetiver para punto N° 02

| Profundidad (m) | N ₁₀ | Consistencia | Q _{adm} (Kg/cm ²) |
|-----------------|-----------------|--------------|--|
| 0.1 | 6 | Blanda | 1.16 |
| 0.2 | 5 | Blanda | 0.97 |
| 0.3 | 10 | Media | 1.94 |
| 0.4 | 12 | Media | 2.32 |
| 0.5 | 10 | Media | 1.94 |
| 0.6 | 11 | Media | 2.13 |
| 0.7 | 8 | Media | 1.55 |
| 0.8 | 5 | Blanda | 0.97 |
| 0.9 | 5 | Blanda | 0.97 |
| 1 | 6 | Blanda | 1.16 |

| | | | |
|-----|----|------------|------|
| 1.1 | 7 | Media | 1.36 |
| 1.2 | 9 | Media | 1.74 |
| 1.3 | 13 | Rigida | 2.52 |
| 1.4 | 15 | Rigida | 2.91 |
| 1.5 | 17 | Rigida | 3.29 |
| 1.6 | 14 | Rigida | 2.71 |
| 1.7 | 19 | Rigida | 3.68 |
| 1.8 | 21 | Rigida | 4.07 |
| 1.9 | 42 | Muy Rigida | 8.14 |
| 2 | 50 | Dura | 9.68 |

Fuente: Elaboración propia

Punto DPL N° 03

Tabla 24. DPL con pasto Vetiver para el punto N° 03

| Profundidad (m) | N ₁₀ | Consistencia | Q _{adm} (Kg/cm ²) |
|-----------------|-----------------|--------------|--|
| 0.1 | 6 | Blanda | 1.16 |
| 0.2 | 6 | Blanda | 1.16 |
| 0.3 | 7 | Media | 1.36 |
| 0.4 | 8 | Media | 1.55 |
| 0.5 | 7 | Media | 1.36 |
| 0.6 | 7 | Media | 1.36 |
| 0.7 | 10 | Media | 1.94 |
| 0.8 | 8 | Media | 1.55 |
| 0.9 | 9 | Media | 1.74 |
| 1 | 12 | Media | 2.32 |
| 1.1 | 8 | Media | 1.55 |
| 1.2 | 18 | Rigida | 3.49 |
| 1.3 | 18 | Rigida | 3.49 |
| 1.4 | 20 | Rigida | 3.87 |
| 1.5 | 23 | Muy Rigida | 4.46 |
| 1.6 | 30 | Muy Rigida | 5.81 |
| 1.7 | 28 | Muy Rigida | 5.42 |
| 1.8 | 32 | Muy Rigida | 6.20 |
| 1.9 | 35 | Muy Rigida | 6.78 |
| 2 | 50 | Muy Rigida | 9.68 |

Fuente: Elaboración propia

Punto DPL N° 04

Tabla 25. Resultados de ensayo DPL con pasto Vetiver para el punto N° 04

| Profundidad (m) | N ₁₀ | Consistencia | Q _{adm} (Kg/cm ²) |
|-----------------|-----------------|--------------|--|
| 0.1 | 5 | Blanda | 0.97 |
| 0.2 | 4 | Blanda | 0.77 |
| 0.3 | 4 | Blanda | 0.77 |
| 0.4 | 5 | Blanda | 0.97 |
| 0.5 | 6 | Blanda | 1.16 |
| 0.6 | 6 | Blanda | 1.16 |
| 0.7 | 6 | Blanda | 1.16 |
| 0.8 | 7 | Media | 1.36 |
| 0.9 | 7 | Media | 1.36 |
| 1 | 7 | Media | 1.36 |
| 1.1 | 8 | Media | 1.55 |
| 1.2 | 8 | Media | 1.55 |
| 1.3 | 8 | Media | 1.55 |
| 1.4 | 9 | Media | 1.74 |
| 1.5 | 9 | Media | 1.74 |
| 1.6 | 9 | Media | 1.74 |
| 1.7 | 9 | Media | 1.74 |
| 1.8 | 10 | Media | 1.94 |
| 1.9 | 11 | Media | 2.13 |
| 2 | 20 | Rigida | 3.67 |
| 2.1 | 19 | Rigida | 3.68 |
| 2.2 | 29 | Muy Rigida | 5.62 |
| 2.3 | 32 | Muy Rigida | 6.20 |
| 2.4 | 50 | Dura | 9.68 |

Fuente: Elaboración propia

Punto DPL N° 05

Tabla 26. DPL con pasto Vetiver para punto N° 05

| Profundidad (m) | N ₁₀ | Consistencia | Q _{adm} (Kg/cm ²) |
|-----------------|-----------------|--------------|--|
| 0.1 | 2 | Muy Blanda | 0.39 |
| 0.2 | 2 | Muy Blanda | 0.39 |
| 0.3 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.4 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.5 | 5 | Blanda | 0.97 |
| 0.6 | 3 | Blanda | 0.58 |
| 0.7 | 7 | Media | 1.36 |
| 0.8 | 12 | Media | 2.32 |
| 0.9 | 8 | Media | 1.55 |
| 1 | 10 | Media | 1.94 |

| | | | |
|-----|----|------------|-------|
| 1.1 | 11 | Media | 2.13 |
| 1.2 | 15 | Rigida | 2.91 |
| 1.3 | 18 | Rigida | 3.49 |
| 1.4 | 21 | Rigida | 4.07 |
| 1.5 | 21 | Rigida | 4.07 |
| 1.6 | 26 | Muy Rigida | 5.04 |
| 1.7 | 30 | Muy Rigida | 5.81 |
| 1.8 | 33 | Muy Rigida | 6.39 |
| 1.9 | 41 | Muy Rigida | 7.94 |
| 2 | 49 | Dura | 9.49 |
| 2.1 | 52 | Dura | 10.07 |

Fuente: Elaboración propia

Correlación de resultados obtenidos

Para el análisis del talud se procesó mediante correlaciones los resultados obtenidos, de manera que mediante fórmulas definidas por autores se pueda conocer el valor equivalente para los distintos casos:

Correlaciones de ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL) al ensayo de Penetración Estándar (SPT)

Se a realizado las correlaciones para determinar el número de golpes equivalentes que tiene el SPT a los valores hallados mediante los ensayos DPL, para ello se utilizo la correlación dada en la tesis del autor Cesar Augusto Átala Abad el cual se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 72. Ecuación de la recta para correlación de N_{dpl} a N_{spt}

| Correlación del DPL con SPT | | |
|-----------------------------|------------------------------------|----------------|
| SPT Vs N_{DPL} | $N_{60} = 0.1277 N_{DPL} + 5.5492$ | $R^2 = 0.9833$ |

Fuente: Estudio Experimental Sobre Correlaciones en Suelos Granulares Finos Compactados, Usando Equipos de Penetración, Átala (2011)

Correlaciones del ensayo de Penetración Estándar (SPT) para hallar la Cohesión no drenada (Cu)

Se a determinado los valores de cohesión no drenada mediante correlaciones desde en número de golpes de SPT (N_{spt}), para el cual se a aplicado ecuaciones empíricas dadas, tomada del articulo “Ranking and transformation error assessment of shear strength parameters correlations”, en el cual nos resumen las correlaciones dada por diferentes autores , las cuales

se muestran en la siguiente imagen.

Imagen 73. Correlaciones empíricas para cohesión no drenada

| Table 1 Undrained cohesion empirical correlations | | | | | |
|--|---|---|--|-----------|---------------------|
| Cor. ID | Name | Formulae | Soil type | Reference | Notes |
| C01 | Bjerrum and Simons [1] | $C_u = \sigma'_o(0.45\sqrt{l_p})$, $l_p > 0.5$, | Normally consolidated clay | [2] | Scatter: $\pm 25\%$ |
| C02 | Bjerrum and Simons [1] | $C_u = \sigma'_o(0.18\sqrt{l_l})$, $l_l > 0.5$ | Normally consolidated clay | [2] | Scatter: $\pm 30\%$ |
| C03 | Skempton and Henkel [27] | $C_u = \sigma'_o(0.11 + 0.37l_p)$ | Normally consolidated clay | [27] | - |
| C04 | Karlsson and Viberg [13] | $C_u = \sigma'_o(0.5w_L)$, $w_L > 0.2$ | Normally consolidated clay | [2] | Scatter: $\pm 30\%$ |
| C05 | Edil and Benson [5] | $C_u = \frac{144.9}{e^{1.72q}}$ | Cohesive soils in Southeastern Wisconsin | [5] | $R^2 = 0.58$ |
| C06 | Edil and Benson [5] | $C_u = \frac{191.4}{e^{2.0q}}$ | Cohesive soils in Southeastern Wisconsin | [5] | $R^2 = 0.38$ |
| C07 | Edil and Benson [5] | $C_u = \sigma'_o(\frac{0.6}{e^{1.1q}})$ | Cohesive soils in Southeastern Wisconsin | [5] | $R^2 = 0.43$ |
| C08 | Worth and Houlby (1985), Mitchell and Soga [17] | $C_u = \sigma'_o(0.129 + 0.435l_p)$ | General | [17] | - |
| C09 | Roy and Dass [26] | $C_u = 98.07(0.131\gamma_b - 0.138)$ | Cohesive soils in Sisra, India | [26] | $R = 0.84$ |
| C10 | Roy and Dass [26] | $C_u = 98.07(0.178\gamma_d - 0.198)$ | Cohesive soils in Sisra, India | [26] | $R = 0.76$ |
| C11 | Roy and Dass [26] | $C_u = 98.07(0.3w - 0.059)$ | Cohesive soils in Sisra, India | [26] | $R = 0.65$ |
| C12 | Mitchell and Soga [17] | $C_u = \frac{1}{(l_l - 0.21)^2}$ | General | [17] | - |
| C13 | Kang et al. [12] | $C_u = \sigma'_o(\rho_p^2 - 1.12\rho_p + 0.4398)$ | Low plasticity clay | [12] | $R = 0.695$ |
| C14 | Kang et al. [12] | $C_u = \sigma'_o(0.7575 - 0.74l_p)$ | Highly plastic clay | [12] | $R = 0.608$ |
| C15 | Hara et al. [8] | $C_u = 98.07(0.297N^{0.72})$ | Alluvial clays in Japan | [8] | $R = 0.93$ |
| C16 | Terzaghi et al. [31] | $C_u = 3.6N$ | Cohesive soil | [31] | |
| C17 | Nixon [19] | $C_u = 11.965N$ | Clay | [19] | |
| C18 | Décourt [4] | $C_u = 12.455N$ | Clay | [4] | |
| C19 | Hettiarachchi and Brown [10] | $C_u = 4.1N_{60}$ | Cohesive soil | [10] | |
| C20 | Nassaji and Kalantari [18] | $C_u = 1.6N + 15.4$ | Tehran fine grained soil | [18] | $R = 0.72$ |

Fuente: Ranking and transformation error assessment of shear strength parameters correlations. Dawoud, Negm, Kasama (2016)

Según la tabla mostrada anteriormente se escogió el autor del cual se tomaría referencia para aplicar las correlaciones, por lo cual se revisó bibliografía en la cual el autor menciona. Para los suelos la mejor relación con la que se puede estimar el valor de la cohesión no drenada (C_u) es la postulada por Hara et al. En 1974. [28]

Según la revista “Ranking and transformation error assessment of shear strength parameters correlations” nos indica que la relación de Hera et al presenta menor error porcentual con un valor de 5% con una cantidad con la cual se puede establecer una confiabilidad de uso de la correlación para estimar el valor de C_u en campo a partir del número de golpes N de SPT. [29]

Por lo tanto, para el cálculo del valor de la cohesión no drenada se utilizó la correlación propuesta por el autor Hera et al, la cual se obtiene mediante la siguiente formula:

$$C_u = 98.07(0.297N_{dpl}^{0.72})$$

Correlaciones para talud sin aplicar mejoramiento con pasto Vetiver

Se obtuvo las correlaciones correspondientes para los puntos de DPL utilizados, tanto para el talud sin mejoramiento y con mejoramiento de pasto Vetiver mediante los cuales se obtuvieron los valores de cohesión no drenada de la siguiente manera.

Punto DPL N° 01

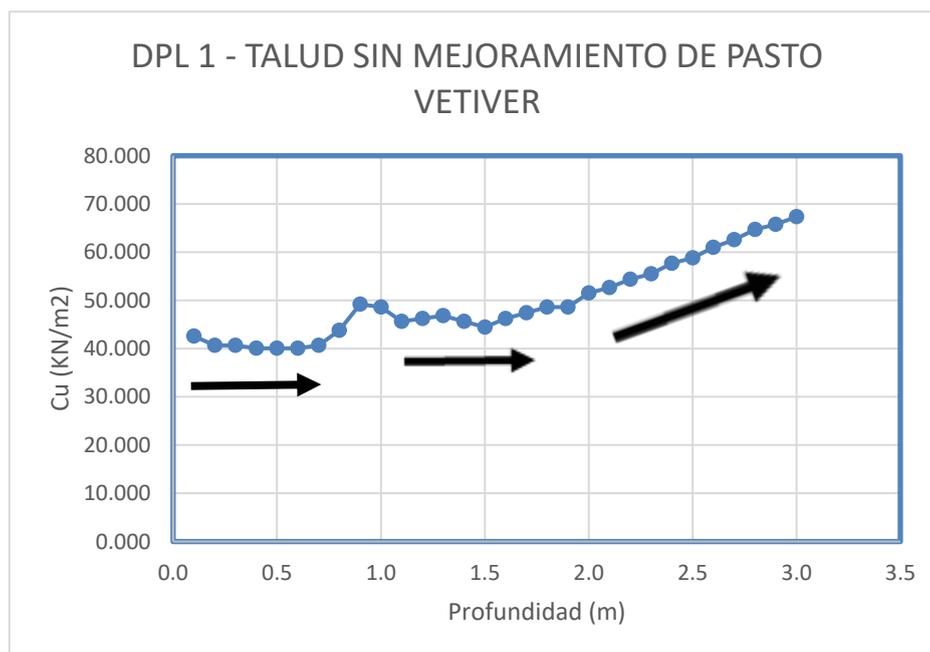
Tabla 27. Correlaciones DPL sin Vetiver punto N° 01 - C_u

| DPL 1 - TALUD SIN MEJORAMIENTO DE PASTO VETIVER | | | |
|---|-----------|-----------|---|
| Profundidad (m) | N_{dpl} | N_{spt} | C_u - Metodo Hera et al. (1974) (KN/m ²) |
| 0.1 | 6 | 6.315 | 42.581 |
| 0.2 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.3 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.4 | 2 | 5.805 | 40.072 |
| 0.5 | 2 | 5.805 | 40.072 |
| 0.6 | 2 | 5.805 | 40.072 |
| 0.7 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.8 | 8 | 6.571 | 43.814 |
| 0.9 | 17 | 7.720 | 49.206 |
| 1.0 | 16 | 7.592 | 48.618 |
| 1.1 | 11 | 6.954 | 45.638 |
| 1.2 | 12 | 7.082 | 46.240 |
| 1.3 | 13 | 7.209 | 46.839 |
| 1.4 | 11 | 6.954 | 45.638 |
| 1.5 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 1.6 | 12 | 7.082 | 46.240 |

| | | | |
|-----|----|--------|--------|
| 1.7 | 14 | 7.337 | 47.435 |
| 1.8 | 16 | 7.592 | 48.618 |
| 1.9 | 16 | 7.592 | 48.618 |
| 2.0 | 21 | 8.231 | 51.529 |
| 2.1 | 23 | 8.486 | 52.675 |
| 2.2 | 26 | 8.869 | 54.376 |
| 2.3 | 28 | 9.125 | 55.499 |
| 2.4 | 32 | 9.636 | 57.719 |
| 2.5 | 34 | 9.891 | 58.817 |
| 2.6 | 38 | 10.402 | 60.988 |
| 2.7 | 41 | 10.785 | 62.597 |
| 2.8 | 45 | 11.296 | 64.718 |
| 2.9 | 47 | 11.551 | 65.768 |
| 3.0 | 50 | 11.934 | 67.331 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1. Correlación talud sin mejoramiento - Punto N° 01



Fuente: Elaboración propia

Punto DPL N° 02

Tabla 28. Correlaciones DPL sin Vetiver punto N° 02 - Cu

| DPL 2 - TALUD SIN MEJORAMIENTO DE PASTO VETIVER | | | |
|--|------------------------|------------------------|---|
| Profundidad (m) | N_{dpl} | N_{spt} | Cu - Metodo Hera et al. (1974) (KN/m2) |
| 0.1 | 4 | 6.060 | 41.334 |
| 0.2 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.3 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.4 | 1 | 5.677 | 39.435 |
| 0.5 | 1 | 5.677 | 39.435 |
| 0.6 | 1 | 5.677 | 39.435 |
| 0.7 | 1 | 5.677 | 39.435 |
| 0.8 | 2 | 5.805 | 40.072 |
| 0.9 | 4 | 6.060 | 41.334 |
| 1.0 | 6 | 6.315 | 42.581 |
| 1.1 | 8 | 6.571 | 43.814 |
| 1.2 | 14 | 7.337 | 47.435 |
| 1.3 | 13 | 7.209 | 46.839 |
| 1.4 | 15 | 7.465 | 48.028 |
| 1.5 | 12 | 7.082 | 46.240 |
| 1.6 | 13 | 7.209 | 46.839 |
| 1.7 | 14 | 7.337 | 47.435 |
| 1.8 | 17 | 7.720 | 49.206 |
| 1.9 | 23 | 8.486 | 52.675 |
| 2.0 | 26 | 8.869 | 54.376 |
| 2.1 | 29 | 9.253 | 56.057 |
| 2.2 | 32 | 9.636 | 57.719 |
| 2.3 | 35 | 10.019 | 59.362 |
| 2.4 | 38 | 10.402 | 60.988 |
| 2.5 | 41 | 10.785 | 62.597 |
| 2.6 | 45 | 11.296 | 64.718 |
| 2.7 | 50 | 11.934 | 67.331 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2. Correlación talud sin mejoramiento - Punto N° 02

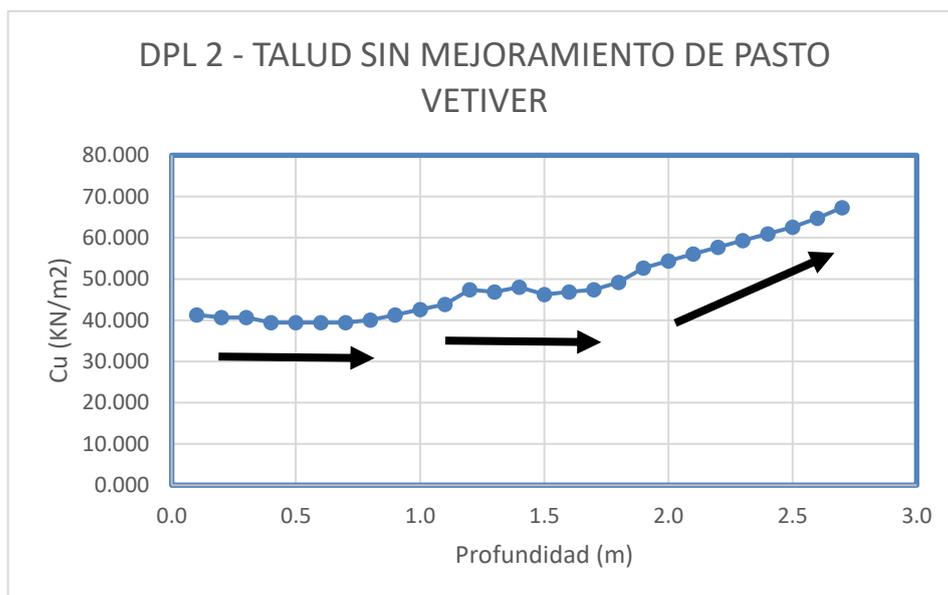
**Punto DPL N° 03**

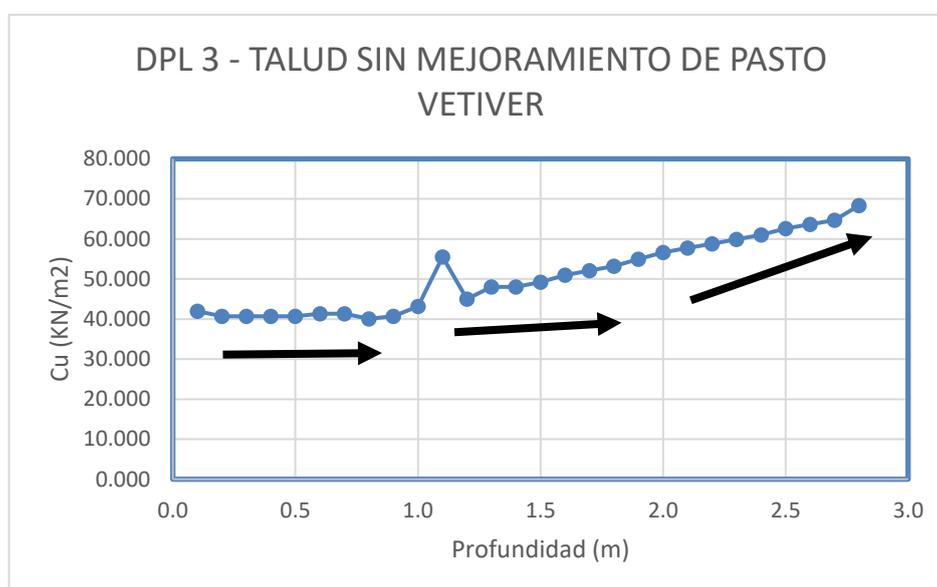
Tabla 29. Correlaciones DPL sin Vetiver punto N° 03 - Cu

| DPL 3 - TALUD SIN MEJORAMIENTO DE PASTO VETIVER | | | |
|---|------------------|------------------|---|
| Profundidad (m) | N _{dpl} | N _{spt} | Cu - Metodo Hera et al. (1974) (KN/m ²) |
| 0.1 | 5 | 6.188 | 41.959 |
| 0.2 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.3 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.4 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.5 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.6 | 4 | 6.060 | 41.334 |
| 0.7 | 4 | 6.060 | 41.334 |
| 0.8 | 2 | 5.805 | 40.072 |
| 0.9 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 1.0 | 7 | 6.443 | 43.199 |
| 1.1 | 28 | 9.125 | 55.499 |
| 1.2 | 10 | 6.826 | 45.033 |
| 1.3 | 15 | 7.465 | 48.028 |
| 1.4 | 15 | 7.465 | 48.028 |
| 1.5 | 17 | 7.720 | 49.206 |
| 1.6 | 20 | 8.103 | 50.952 |
| 1.7 | 22 | 8.359 | 52.103 |
| 1.8 | 24 | 8.614 | 53.244 |
| 1.9 | 27 | 8.997 | 54.939 |

| | | | |
|-----|----|--------|--------|
| 2.0 | 30 | 9.380 | 56.613 |
| 2.1 | 32 | 9.636 | 57.719 |
| 2.2 | 34 | 9.891 | 58.817 |
| 2.3 | 36 | 10.146 | 59.906 |
| 2.4 | 38 | 10.402 | 60.988 |
| 2.5 | 41 | 10.785 | 62.597 |
| 2.6 | 43 | 11.040 | 63.661 |
| 2.7 | 45 | 11.296 | 64.718 |
| 2.8 | 52 | 12.190 | 68.366 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Correlación talud sin mejoramiento - Punto N° 03



Fuente: Elaboración propia

Punto DPL N° 04

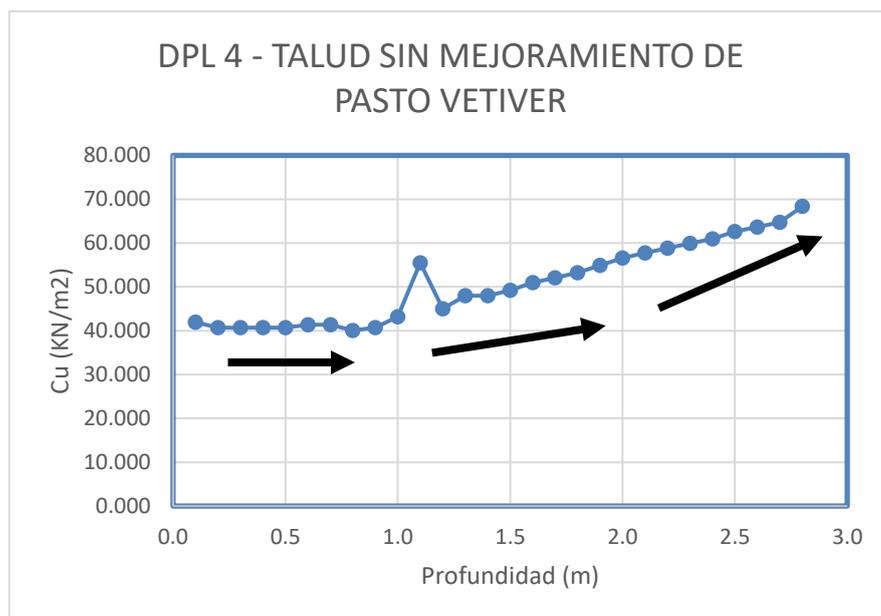
Tabla 30. Correlaciones DPL sin Vetiver punto N° 04 - Cu

| DPL 4 - TALUD SIN MEJORAMIENTO DE PASTO VETIVER | | | |
|---|------------------|------------------|---|
| Profundidad (m) | N _{dpl} | N _{spt} | Cu - Metodo Hera et al. (1974) (KN/m ²) |
| 0.1 | 4 | 6.060 | 41.334 |
| 0.2 | 2 | 5.805 | 40.072 |
| 0.3 | 3 | 5.932 | 40.705 |

| | | | |
|-----|----|--------|--------|
| 0.4 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.5 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.6 | 4 | 6.060 | 41.334 |
| 0.7 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.8 | 8 | 6.571 | 43.814 |
| 0.9 | 17 | 7.720 | 49.206 |
| 1.0 | 10 | 6.826 | 45.033 |
| 1.1 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 1.2 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 1.3 | 10 | 6.826 | 45.033 |
| 1.4 | 13 | 7.209 | 46.839 |
| 1.5 | 16 | 7.592 | 48.618 |
| 1.6 | 21 | 8.231 | 51.529 |
| 1.7 | 24 | 8.614 | 53.244 |
| 1.8 | 28 | 9.125 | 55.499 |
| 1.9 | 31 | 9.508 | 57.167 |
| 2.0 | 33 | 9.763 | 58.269 |
| 2.1 | 35 | 10.019 | 59.362 |
| 2.2 | 38 | 10.402 | 60.988 |
| 2.3 | 41 | 10.785 | 62.597 |
| 2.4 | 43 | 11.040 | 63.661 |
| 2.5 | 45 | 11.296 | 64.718 |
| 2.6 | 49 | 11.807 | 66.812 |
| 2.7 | 52 | 12.190 | 68.366 |
| 2.8 | 54 | 12.445 | 69.394 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Correlación talud sin mejoramiento - Punto N° 04



Fuente: Elaboración propia

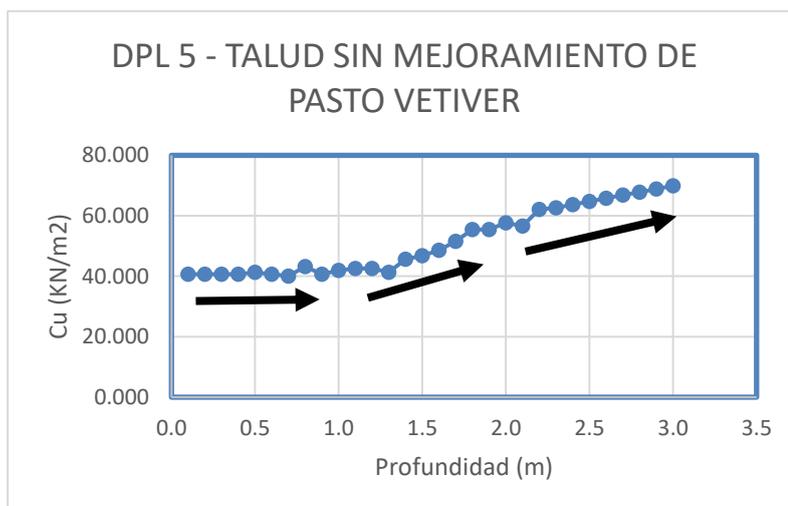
Punto DPL N° 05

Tabla 31. Correlaciones DPL sin Vetiver punto N° 05 - Cu

| DPL 5 - TALUD SIN MEJORAMIENTO DE PASTO VETIVER | | | |
|--|------------------------|------------------------|--|
| Profundidad (m) | N_{dpl} | N_{spt} | Cu - Metodo Hera et al. (1974) (KN/m²) |
| 0.1 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.2 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.3 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.4 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.5 | 4 | 6.060 | 41.334 |
| 0.6 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.7 | 2 | 5.805 | 40.072 |
| 0.8 | 7 | 6.443 | 43.199 |
| 0.9 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 1.0 | 5 | 6.188 | 41.959 |
| 1.1 | 6 | 6.315 | 42.581 |
| 1.2 | 6 | 6.315 | 42.581 |
| 1.3 | 4 | 6.060 | 41.334 |
| 1.4 | 11 | 6.954 | 45.638 |
| 1.5 | 13 | 7.209 | 46.839 |
| 1.6 | 16 | 7.592 | 48.618 |
| 1.7 | 21 | 8.231 | 51.529 |
| 1.8 | 28 | 9.125 | 55.499 |
| 1.9 | 28 | 9.125 | 55.499 |
| 2.0 | 32 | 9.636 | 57.719 |
| 2.1 | 30 | 9.380 | 56.613 |
| 2.2 | 40 | 10.657 | 62.063 |
| 2.3 | 41 | 10.785 | 62.597 |
| 2.4 | 43 | 11.040 | 63.661 |
| 2.5 | 45 | 11.296 | 64.718 |
| 2.6 | 47 | 11.551 | 65.768 |
| 2.7 | 49 | 11.807 | 66.812 |
| 2.8 | 51 | 12.062 | 67.849 |
| 2.9 | 53 | 12.317 | 68.881 |
| 3.0 | 55 | 12.573 | 69.906 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. Correlación talud sin mejoramiento - Punto N° 01



Fuente: Elaboración propia

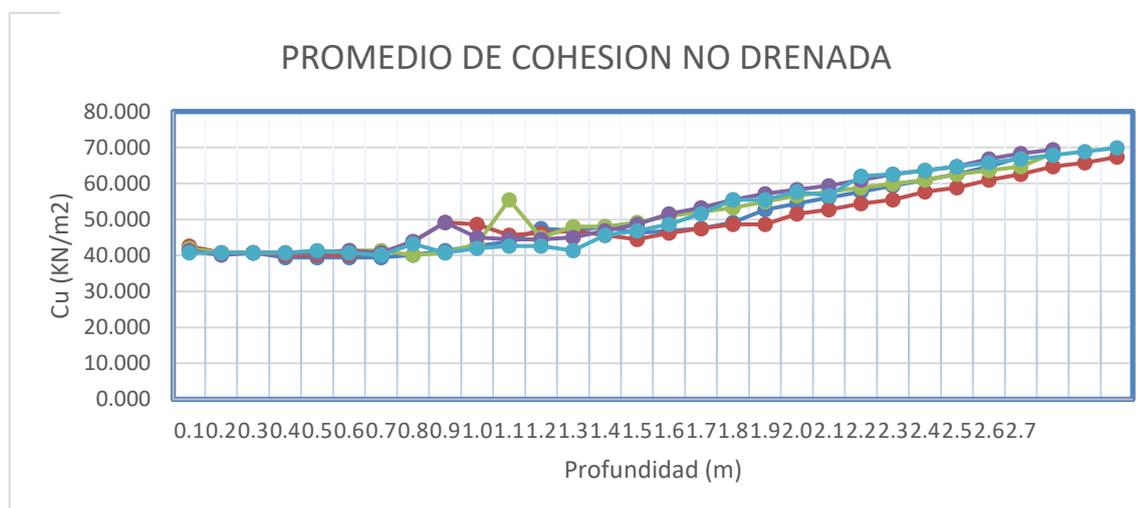
Luego de ello se determinó el promedio de los valores de cohesión no drenada mediante las graficas mostradas, en las cuales determinamos la tendencia de los puntos con lo que se decidió dividir al suelo en 3 tipos de suelo con un valor de cohesión diferente.

Tabla 32. Promedio Cohesión no drenada - Talud sin pasto Vetiver

| PROMEDIO DE COHESION NO DRENADA (KN/m2) | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| | DPL 1 | DPL 2 | DPL 3 | DPL 4 | DPL 5 | Promedio |
| Suelo 1 | 40.710 | 40.072 | 40.072 | 41.334 | 40.072 | 40.452 |
| Suelo 2 | 44.225 | 43.814 | 43.199 | 45.033 | 41.334 | 43.521 |
| Suelo 3 | 55.499 | 56.057 | 57.719 | 57.719 | 58.817 | 57.162 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6. Comparación de puntos de cohesión no drenada para talud sin Vetiver



Fuente: Elaboración propia

Correlaciones para talud con mejoramiento con pasto Vetiver

Se obtuvo las correlaciones correspondientes para los puntos de DPL utilizados luego de haber reforzado el talud mediante la siembra de pasto Vetiver, tanto para el talud sin mejoramiento y con mejoramiento de pasto Vetiver mediante los cuales se obtuvieron los valores de cohesión no drenada de la siguiente manera.

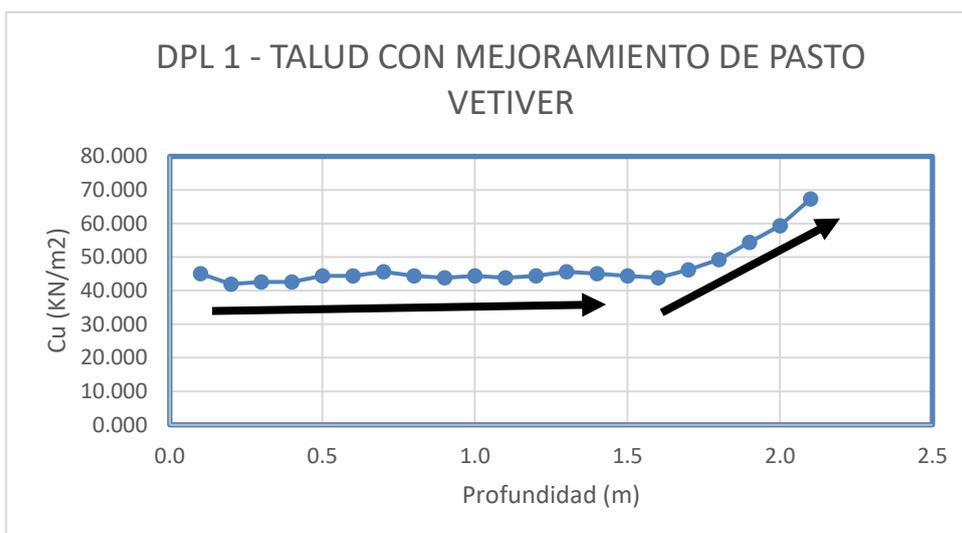
Punto DPL N° 01

Tabla 33. Correlaciones DPL con Vetiver punto N° 01 - Cu

| DPL 1 | | | |
|-----------------|------------------|------------------|---|
| Profundidad (m) | N _{dpl} | N _{spt} | Cu - Metodo Hera et al. (1974) (KN/m ²) |
| 0.1 | 10 | 6.826 | 45.033 |
| 0.2 | 5 | 6.188 | 41.959 |
| 0.3 | 6 | 6.315 | 42.581 |
| 0.4 | 6 | 6.315 | 42.581 |
| 0.5 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 0.6 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 0.7 | 11 | 6.954 | 45.638 |
| 0.8 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 0.9 | 8 | 6.571 | 43.814 |
| 1.0 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 1.1 | 8 | 6.571 | 43.814 |
| 1.2 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 1.3 | 11 | 6.954 | 45.638 |
| 1.4 | 10 | 6.826 | 45.033 |
| 1.5 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 1.6 | 8 | 6.571 | 43.814 |
| 1.7 | 12 | 7.082 | 46.240 |
| 1.8 | 17 | 7.720 | 49.206 |
| 1.9 | 26 | 8.869 | 54.376 |
| 2.0 | 35 | 10.019 | 59.362 |
| 2.1 | 50 | 11.934 | 67.331 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7. Correlación talud con mejoramiento - Punto N° 01



Fuente: Elaboración propia

Punto DPL N° 02

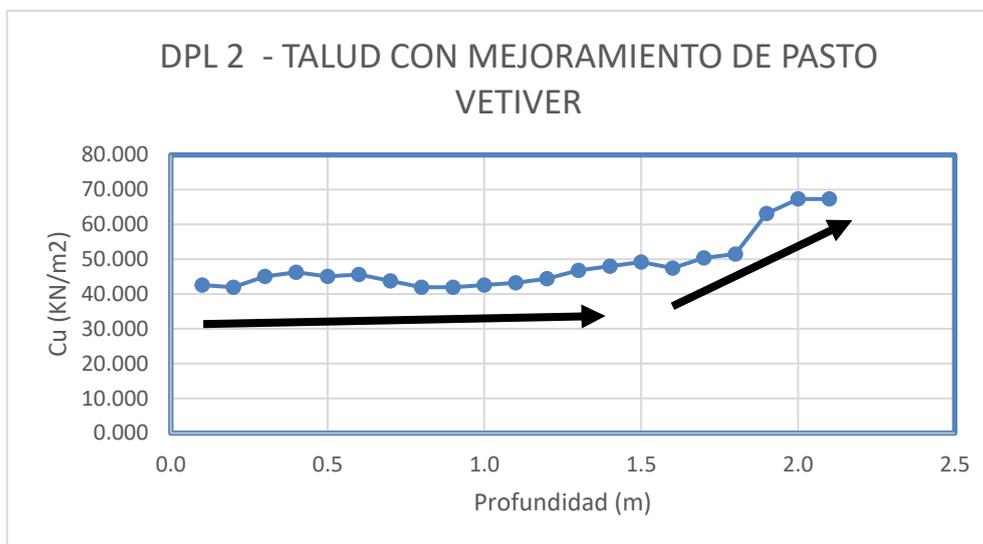
Tabla 34. Correlaciones con Vetiver punto N° 02 - Cu

| DPL 2 | | | |
|-----------------|------------------|------------------|---|
| Profundidad (m) | N _{dpl} | N _{spt} | Cu - Metodo Hera et al. (1974) (KN/m ²) |
| 0.1 | 6 | 6.315 | 42.581 |
| 0.2 | 5 | 6.188 | 41.959 |
| 0.3 | 10 | 6.826 | 45.033 |
| 0.4 | 12 | 7.082 | 46.240 |
| 0.5 | 10 | 6.826 | 45.033 |
| 0.6 | 11 | 6.954 | 45.638 |
| 0.7 | 8 | 6.571 | 43.814 |
| 0.8 | 5 | 6.188 | 41.959 |
| 0.9 | 5 | 6.188 | 41.959 |
| 1.0 | 6 | 6.315 | 42.581 |
| 1.1 | 7 | 6.443 | 43.199 |
| 1.2 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 1.3 | 13 | 7.209 | 46.839 |
| 1.4 | 15 | 7.465 | 48.028 |
| 1.5 | 17 | 7.720 | 49.206 |
| 1.6 | 14 | 7.337 | 47.435 |
| 1.7 | 19 | 7.976 | 50.372 |
| 1.8 | 21 | 8.231 | 51.529 |
| 1.9 | 42 | 10.913 | 63.130 |
| 2.0 | 50 | 11.934 | 67.331 |

| | | | |
|-----|----|--------|--------|
| 2.1 | 50 | 11.934 | 67.331 |
|-----|----|--------|--------|

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8. Correlación talud con mejoramiento - Punto N° 02



Fuente: Elaboración propia

Punto DPL N° 03

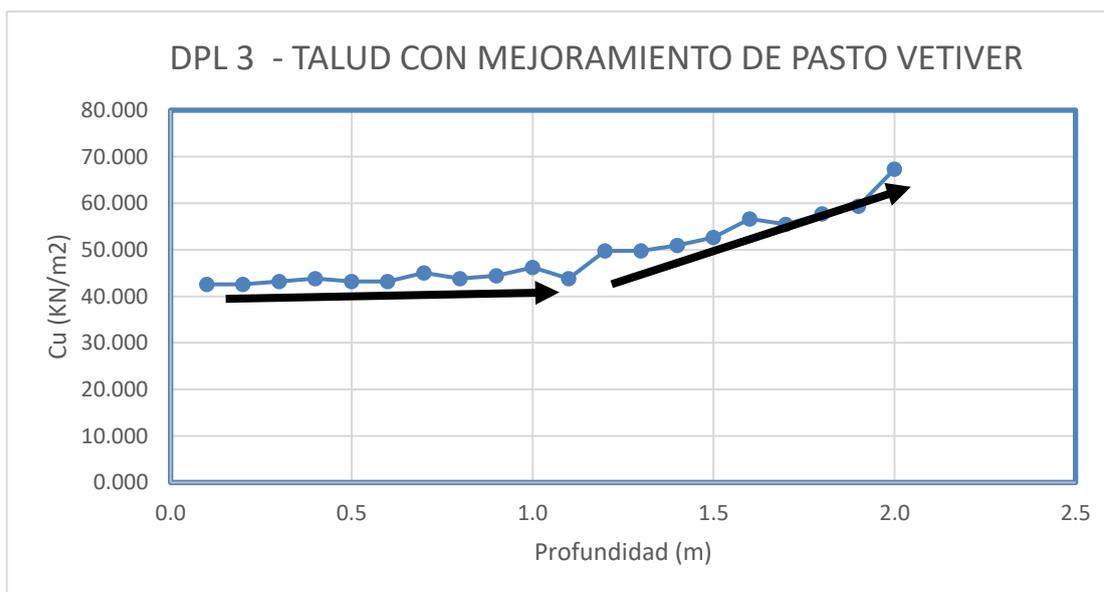
Tabla 35. Correlaciones DPL con Vetiver punto N° 03 - Cu

| DPL 3 | | | |
|-----------------|------------------|------------------|---|
| Profundidad (m) | N _{dpl} | N _{spt} | Cu - Metodo Hera et al. (1974) (KN/m ²) |
| 0.1 | 6 | 6.315 | 42.581 |
| 0.2 | 6 | 6.315 | 42.581 |
| 0.3 | 7 | 6.443 | 43.199 |
| 0.4 | 8 | 6.571 | 43.814 |
| 0.5 | 7 | 6.443 | 43.199 |
| 0.6 | 7 | 6.443 | 43.199 |
| 0.7 | 10 | 6.826 | 45.033 |
| 0.8 | 8 | 6.571 | 43.814 |
| 0.9 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 1.0 | 12 | 7.082 | 46.240 |
| 1.1 | 8 | 6.571 | 43.814 |
| 1.2 | 18 | 7.848 | 49.790 |
| 1.3 | 18 | 7.848 | 49.790 |
| 1.4 | 20 | 8.103 | 50.952 |
| 1.5 | 23 | 8.486 | 52.675 |

| | | | |
|-----|----|--------|--------|
| 1.6 | 30 | 9.380 | 56.613 |
| 1.7 | 28 | 9.125 | 55.499 |
| 1.8 | 32 | 9.636 | 57.719 |
| 1.9 | 35 | 10.019 | 59.362 |
| 2.0 | 50 | 11.934 | 67.331 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9. Correlación talud con mejoramiento - Punto N° 03



Fuente: Elaboración propia

Punto DPL N° 04

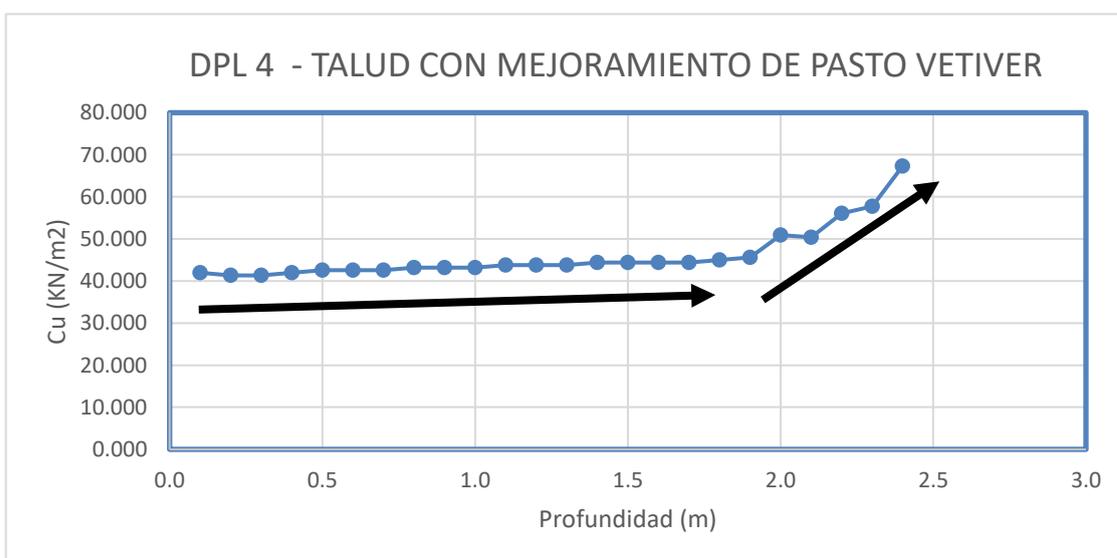
Tabla 36. Correlaciones DPL con Vetiver punto N° 04 - Cu

| DPL 4 | | | |
|-----------------|------------------|------------------|--|
| Profundidad (m) | N _{dpl} | N _{spt} | Cu - Metodo Hera et al. (1974) (KN/m²) |
| 0.1 | 5 | 6.188 | 41.959 |
| 0.2 | 4 | 6.060 | 41.334 |
| 0.3 | 4 | 6.060 | 41.334 |
| 0.4 | 5 | 6.188 | 41.959 |
| 0.5 | 6 | 6.315 | 42.581 |
| 0.6 | 6 | 6.315 | 42.581 |
| 0.7 | 6 | 6.315 | 42.581 |
| 0.8 | 7 | 6.443 | 43.199 |
| 0.9 | 7 | 6.443 | 43.199 |
| 1.0 | 7 | 6.443 | 43.199 |
| 1.1 | 8 | 6.571 | 43.814 |

| | | | |
|-----|----|--------|--------|
| 1.2 | 8 | 6.571 | 43.814 |
| 1.3 | 8 | 6.571 | 43.814 |
| 1.4 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 1.5 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 1.6 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 1.7 | 9 | 6.699 | 44.425 |
| 1.8 | 10 | 6.826 | 45.033 |
| 1.9 | 11 | 6.954 | 45.638 |
| 2.0 | 20 | 8.103 | 50.952 |
| 2.1 | 19 | 7.976 | 50.372 |
| 2.2 | 29 | 9.253 | 56.057 |
| 2.3 | 32 | 9.636 | 57.719 |
| 2.4 | 50 | 11.934 | 67.331 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10. Correlación talud con mejoramiento - Punto N° 04



Fuente: Elaboración propia

Punto DPL N° 05

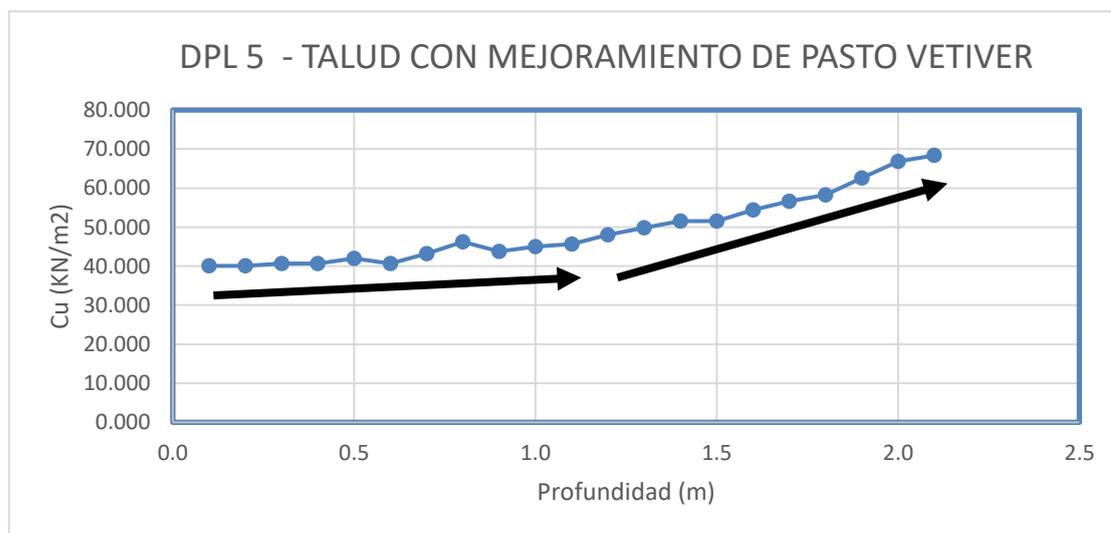
Tabla 37. Correlaciones DPL con Vetiver punto N° 05 - Cu

| DPL 5 | | | |
|-----------------|------------------|------------------|--|
| Profundidad (m) | N _{dpl} | N _{spt} | Cu - Metodo Hera et al. (1974) (KN/m²) |
| 0.1 | 2 | 5.805 | 40.072 |
| 0.2 | 2 | 5.805 | 40.072 |
| 0.3 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.4 | 3 | 5.932 | 40.705 |

| | | | |
|-----|----|--------|--------|
| 0.5 | 5 | 6.188 | 41.959 |
| 0.6 | 3 | 5.932 | 40.705 |
| 0.7 | 7 | 6.443 | 43.199 |
| 0.8 | 12 | 7.082 | 46.240 |
| 0.9 | 8 | 6.571 | 43.814 |
| 1.0 | 10 | 6.826 | 45.033 |
| 1.1 | 11 | 6.954 | 45.638 |
| 1.2 | 15 | 7.465 | 48.028 |
| 1.3 | 18 | 7.848 | 49.790 |
| 1.4 | 21 | 8.231 | 51.529 |
| 1.5 | 21 | 8.231 | 51.529 |
| 1.6 | 26 | 8.869 | 54.376 |
| 1.7 | 30 | 9.380 | 56.613 |
| 1.8 | 33 | 9.763 | 58.269 |
| 1.9 | 41 | 10.785 | 62.597 |
| 2.0 | 49 | 11.807 | 66.812 |
| 2.1 | 52 | 12.190 | 68.366 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11. Correlación talud con mejoramiento - Punto N° 05



Fuente: Elaboración propia

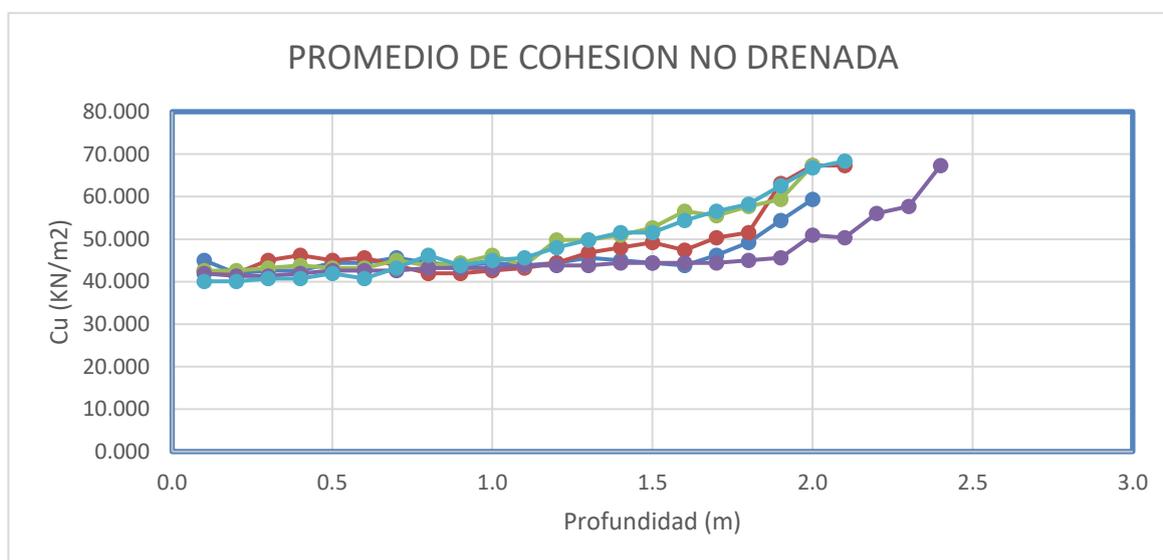
Luego de ello se determinó el promedio de los valores de cohesión no drenada mediante las gráficas mostradas, en las cuales determinamos la tendencia de los puntos con lo que se decidió dividir al suelo en 3 tipos de suelo con un valor de cohesión diferente.

Tabla 38. Promedio Cohesión no drenada - Talud con mejoramiento de pasto Vetiver

| PROMEDIO DE COHESIÓN NO DRENADA (KN/m ²) | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| | DPL 1 | DPL 2 | DPL 3 | DPL 4 | DPL 5 | Promedio |
| Suelo 1 | 45.630 | 49.205 | 49.790 | 45.033 | 51.528 | 48.237 |
| Suelo 2 | 67.331 | 67.331 | 67.331 | 67.331 | 68.365 | 67.538 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12. Promedio de puntos de cohesión no drenada - Talud con mejoramiento de pasto Vetiver

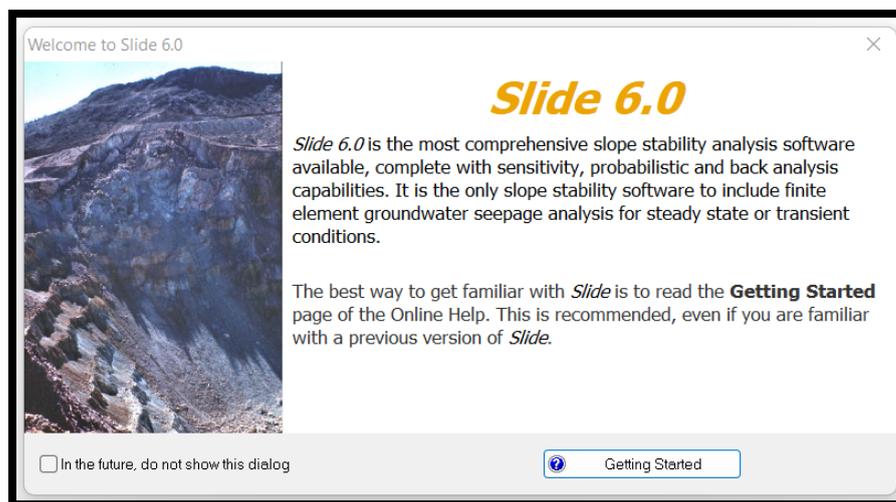


Fuente: Elaboración propia

Cálculo de factor de seguridad

Para poder determinar el factor de seguridad del talud de estudio, se realizó un modelo mediante el software Slide V6.0.

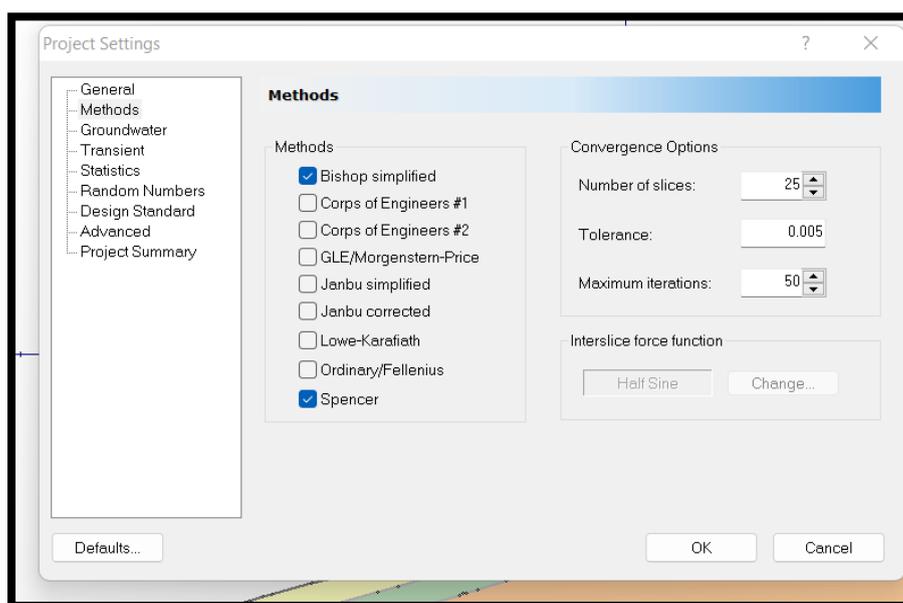
Imagen 74. Interfaz de software Slide V6.0



Fuente: Propia

Para el cual se determinó realizar el análisis mediante el método de Spencer y Bishop simplificado, ya que son los métodos comunes y nos dan resultados mas reales para realizar la comparación.

Imagen 75. Selección de métodos de análisis de estabilidad



Fuente: Propia

En el programa se ingresan datos geotécnicos para cada tipo de suelo (Peso unitario, cohesión y ángulo de fricción) obtenidos mediante ensayos de laboratorio y correlaciones obtenidas mediante ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL).

Imagen 76. Datos geotécnicos de estrato "CH 1" - Talud sin pasto Vetiver

Define Material Properties

CH 1

Name: CH 1 Colour: Hatch:

Unit Weight: 14.1 kN/m3 Saturated U.W. 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters

Cohesion: 48.237 kN/m2 Phi: 0 degrees

Water Parameters

Water Surface: None Ru Value: 0

Copy To... Show only properties used in model OK Cancel

Fuente: Propia

Define Material Properties

CH 2

Name: CH 2 Colour: Hatch:

Unit Weight: 14.1 kN/m3 Saturated U.W. 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters

Cohesion: 43.521 kN/m2 Phi: 0 degrees

Water Parameters

Water Surface: None Ru Value: 0

Copy To... Show only properties used in model OK Cancel

Imagen 77. Datos geotécnicos de estrato "CH 2" - Talud sin pasto Vetiver

Fuente: Propia

Imagen 79. Datos geotécnicos de estrato "CH 3" - Talud sin pasto Vetiver

Define Material Properties

CH 3

Name: CH 3 Colour: Hatch:

Unit Weight: 14.1 kN/m3 Saturated U.W. 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters

Cohesion: 57.162 kN/m2 Phi: 0 degrees

Water Parameters

Water Surface: None Ru Value: 0

Copy To... Show only properties used in model OK Cancel

Fuente: Propia

Imagen 78. Datos geotécnicos de estrato "CH 1" - Talud con pasto Vetiver

Define Material Properties

CH 1

Name: CH 1 Colour: Hatch:

Unit Weight: 14.1 kN/m3 Saturated U.W. 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters

Cohesion: 48.237 kN/m2 Phi: 0 degrees

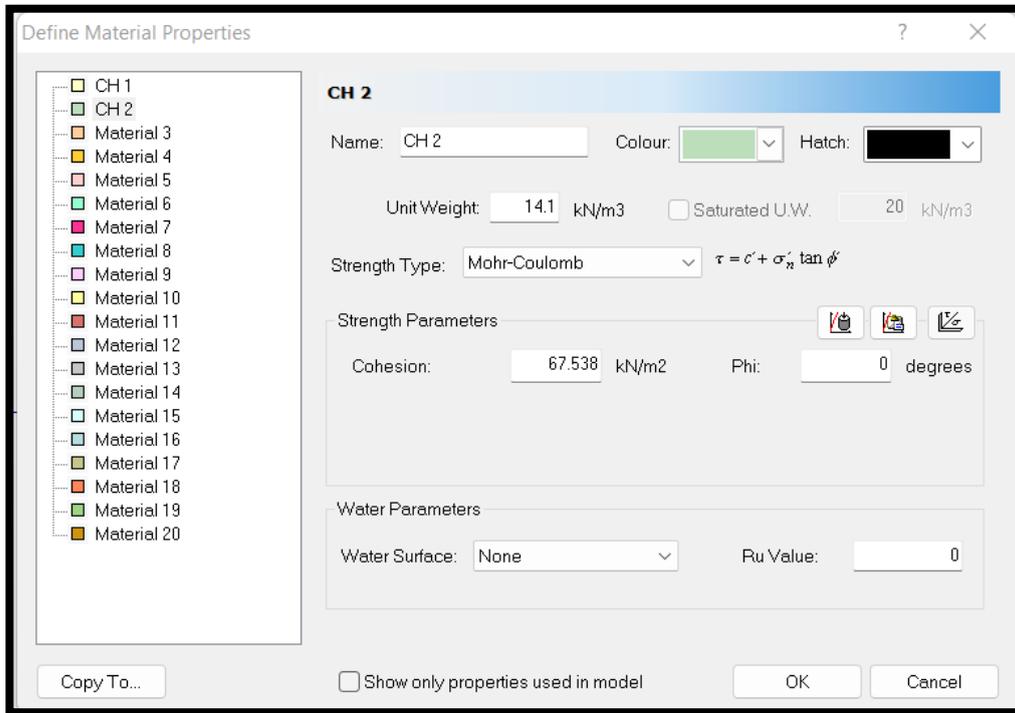
Water Parameters

Water Surface: None Ru Value: 0

Copy To... Show only properties used in model OK Cancel

Fuente: Propia

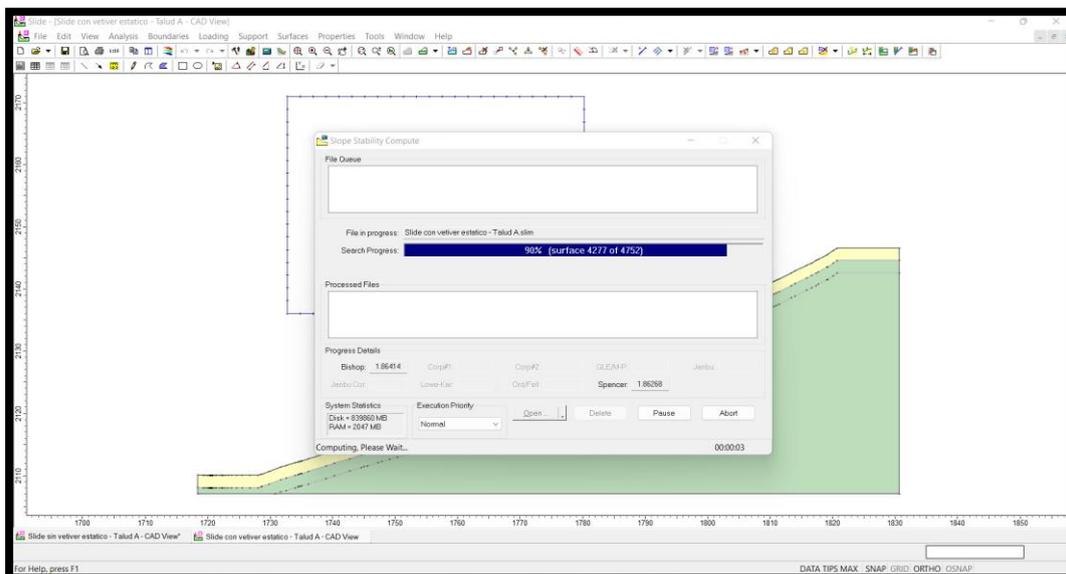
Imagen 80. Datos geotécnicos de estrato "CH 2" - Talud con pasto Vetiver



Fuente: Propia

Luego de ingresar los parámetros necesarios para el análisis se procede a obtener los factores de seguridad para el talud sin y con mejoramiento de pasto Vetiver.

Imagen 81. Análisis del factor de seguridad mediante Slide V6.0



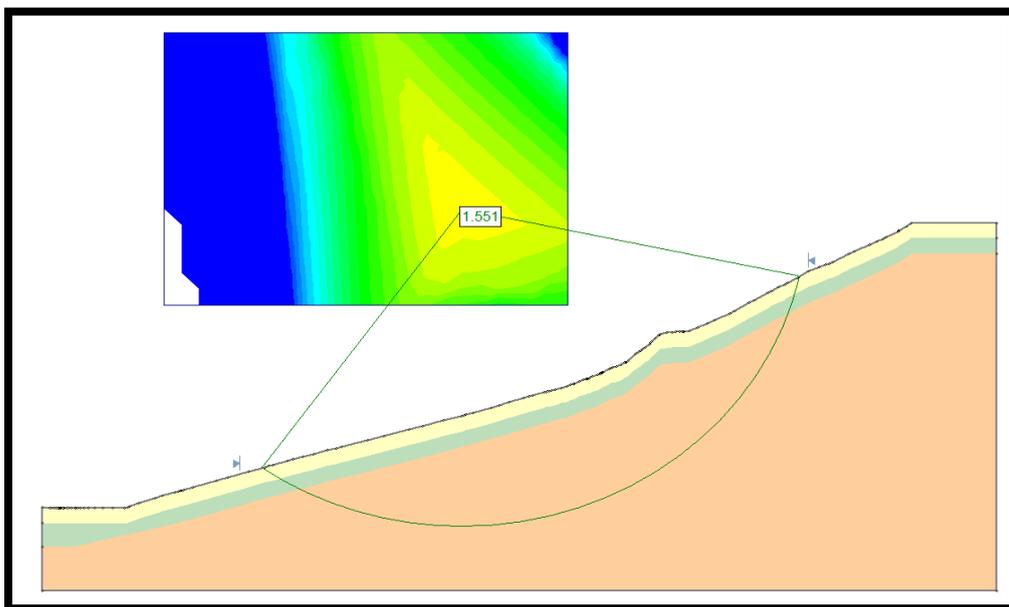
Fuente: Propia

Análisis estático de estabilidad de taludes

En este análisis se obtienen los resultados para el primer análisis sin mejoramiento de pasto Vetiver

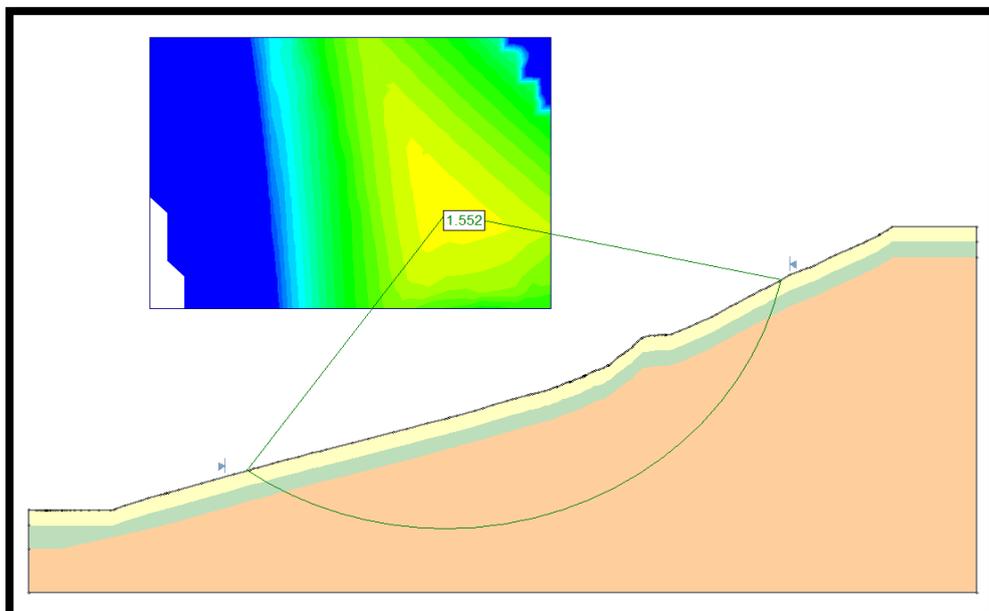
Sin mejoramiento

Imagen 82. Análisis estático, método Bishop sin Vetiver - Talud A



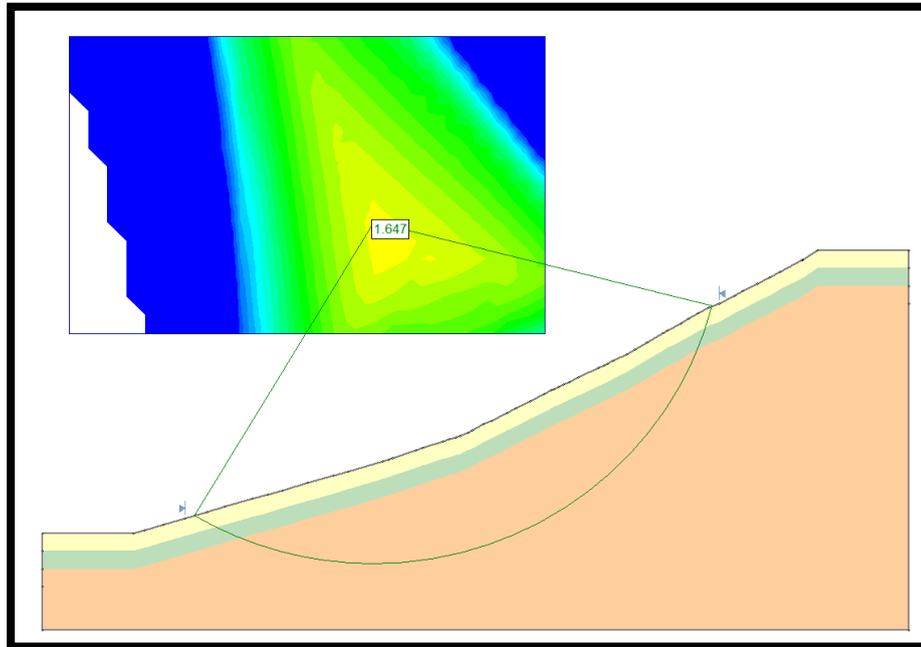
Fuente: Propia

Imagen 83. Análisis estático, método Spencer sin Vetiver - Talud A



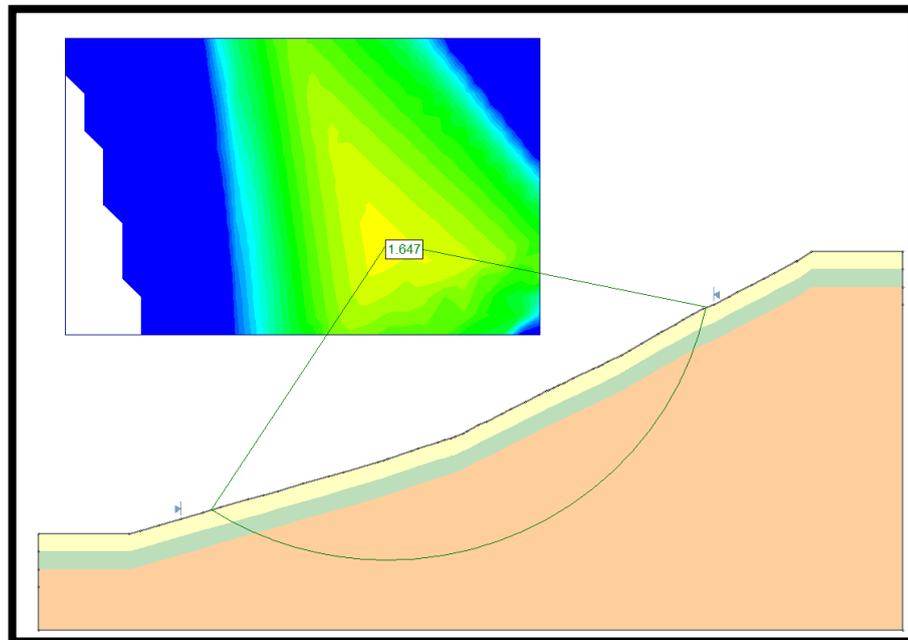
Fuente: Propia

Imagen 84. Análisis estático, método Spencer sin Vetiver - Talud B



Fuente: Propia

Imagen 85. Análisis estático, método Bishop sin Vetiver - Talud B

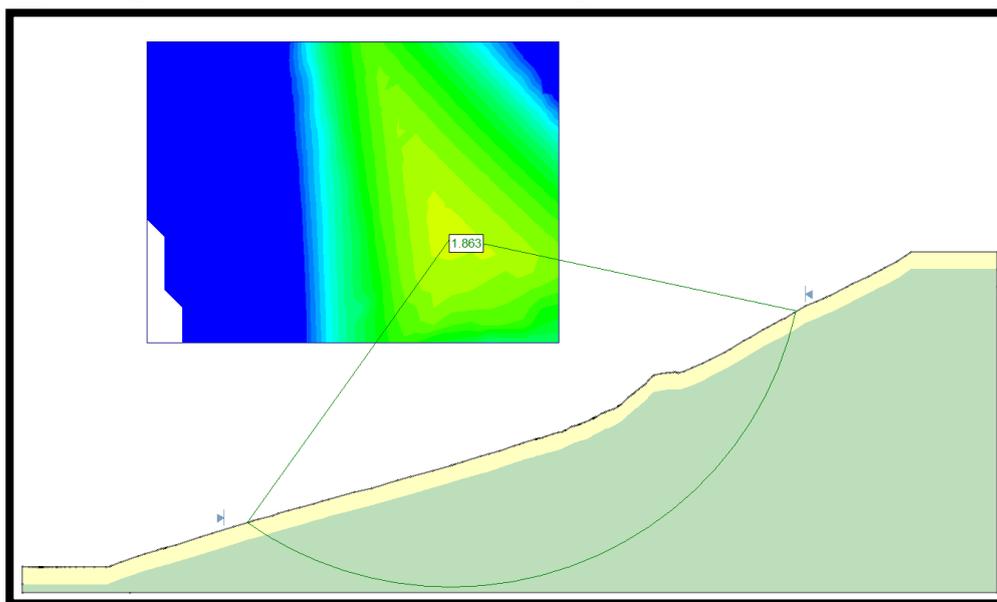


Fuente: Propia

Luego de haber verificado los factores de seguridad para ambos ejes del talud, se determina el talud mas critico, que es el que menor factor de seguridad tiene. Con ello se procede a calcular el factor de seguridad para el talud tipo A, ya que es el más inestable.

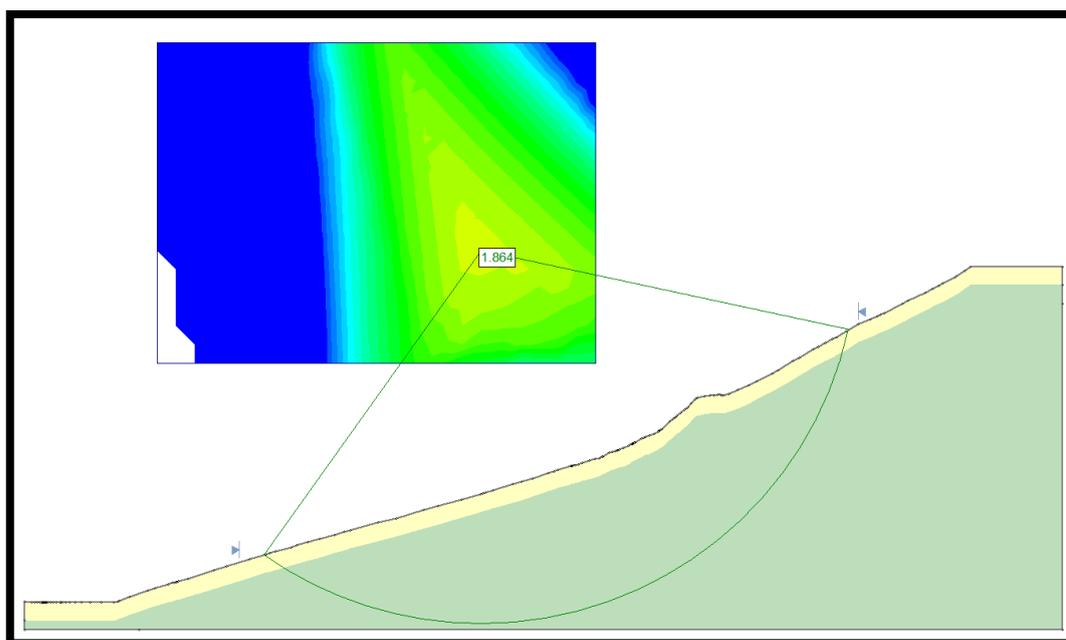
Con mejoramiento

Imagen 86. Análisis estático, método Spencer con Vetiver - Talud A



Fuente: Propia

Imagen 87. Análisis estático, método Bishop - Talud A



Fuente: Propia

Después de determinar los factores de seguridad, se realizó un cuadro resumen con los valores obtenidos mediante el programa para el análisis estático en ambos casos (Talud sin mejoramiento y con mejoramiento de pasto Vetiver).

Tabla 39. Cuadro resumen de factor de seguridad - Análisis estático

| ANÁLISIS ESTÁTICO | | | | |
|-------------------|-------------|--------|-------------|--------|
| | Sin vetiver | | Con vetiver | |
| | Spencer | Bishop | Spencer | Bishop |
| Talud A | 1.552 | 1.551 | 1.863 | 1.864 |
| Talud B | 1.647 | 1.647 | | |

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla se aprecia el incremento de la estabilidad del talud según los métodos de Spencer y Bishop cuando se ha aplicado el establecimiento de suelo mediante el sembrado de pasto Vetiver.

Análisis pseudoestático de estabilidad de taludes

A su vez se realizó el análisis sísmico mediante el software Slide V6.0 añadiendo el coeficiente sísmico al programa para poder obtener el factor de seguridad para ambos casos.

Determinación de coeficiente sísmico K_v

Para poder determinar el análisis pseudoestático del talud, se requiere determinar un coeficiente referente a las fuerzas sísmicas, ya sea verticales (K_v) y horizontales (K_h). Mediante estos factores añadidos al software hacen referencia a las vibraciones que se producirían en un sismo, para así poder determinar el factor de seguridad en estos casos.

Para determinar el valor del coeficiente se realizó una revisión de bibliografía se determinó que los valores más relacionados con el talud de estudio se realizasen mediante la fórmula de autor [30] Seed y Martin (1966), Dakoukas y Gzaetas (1986) proponen $K_h = a_{máx}/g$ para un talud pequeño y $K_h = 0.65^{a_{máx}}/g$ para deslizamiento de magnitud intermedia.

Por lo tanto, se determinó un coeficiente de sismo K_h de la siguiente manera:

$$K_h = a_{max}/g$$

a_{max} = Aceleración máxima obtenida del mapa de aceleraciones, en unidades gals

g = Gravedad expresada en cm/s^2

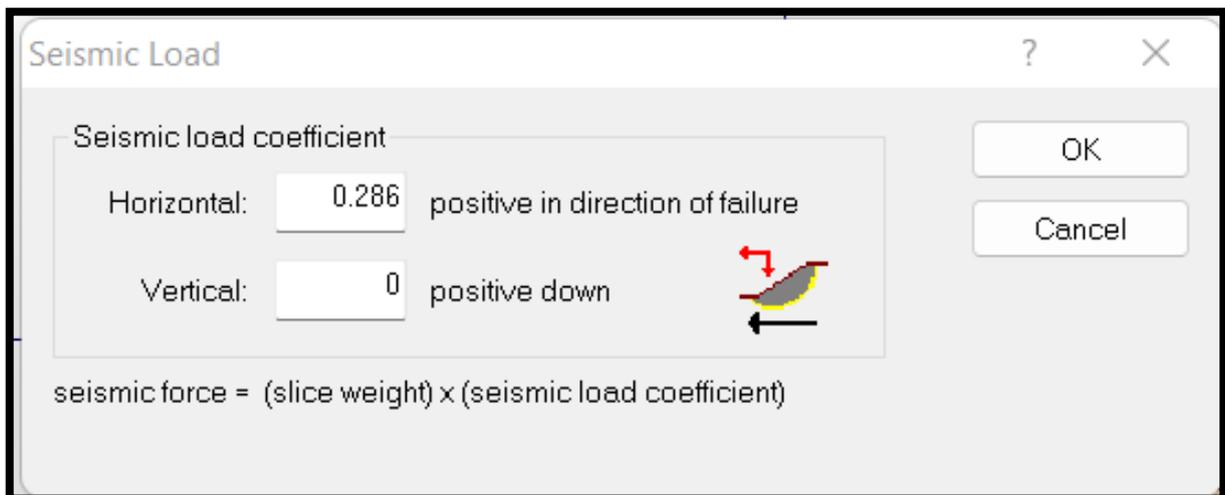
$$a_{max} = 280 \text{ gals} = 280 \text{ cm/s}^2$$

$$K_h = (280 \text{ cm/s}^2) / (980 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2})$$

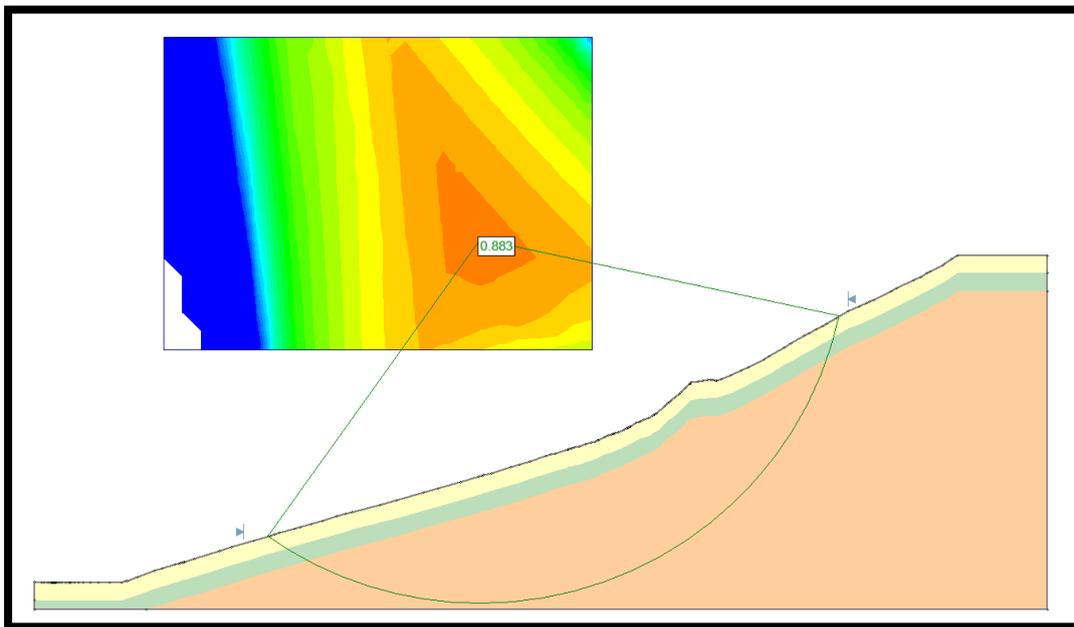
$$K_h = 0.286$$

Este valor a sido agregado al software Slide V6.0 en el apartado de “Seismic Load”, en el cual añadimos el coeficiente hallado anteriormente para que el programe agregue la carga de sismo que estamos evaluando para el talud.

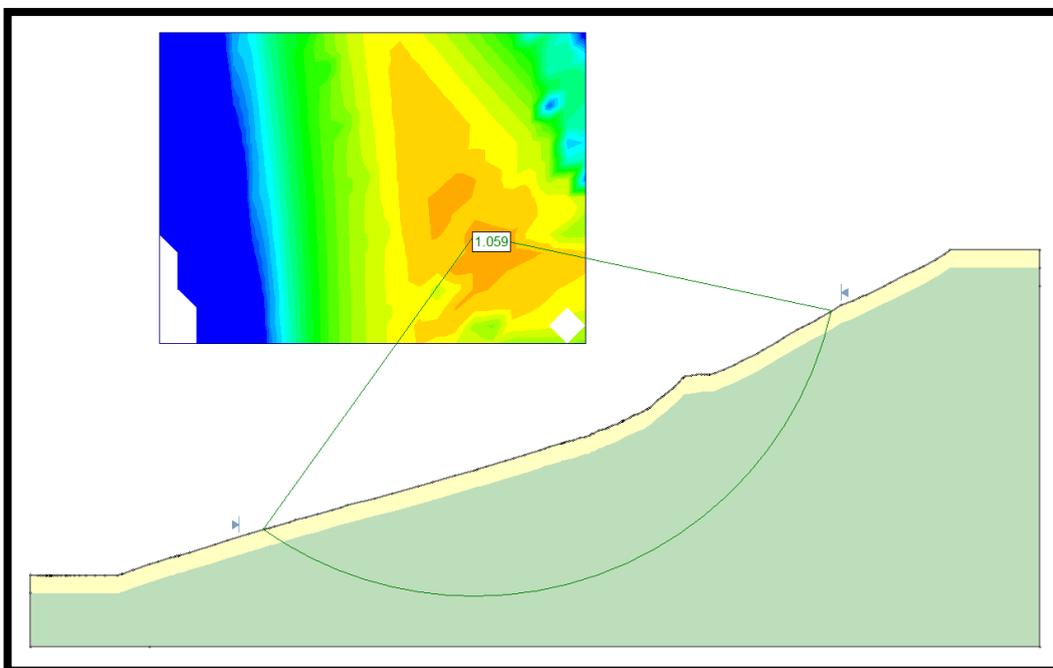
Imagen 88. Coeficiente de sismo



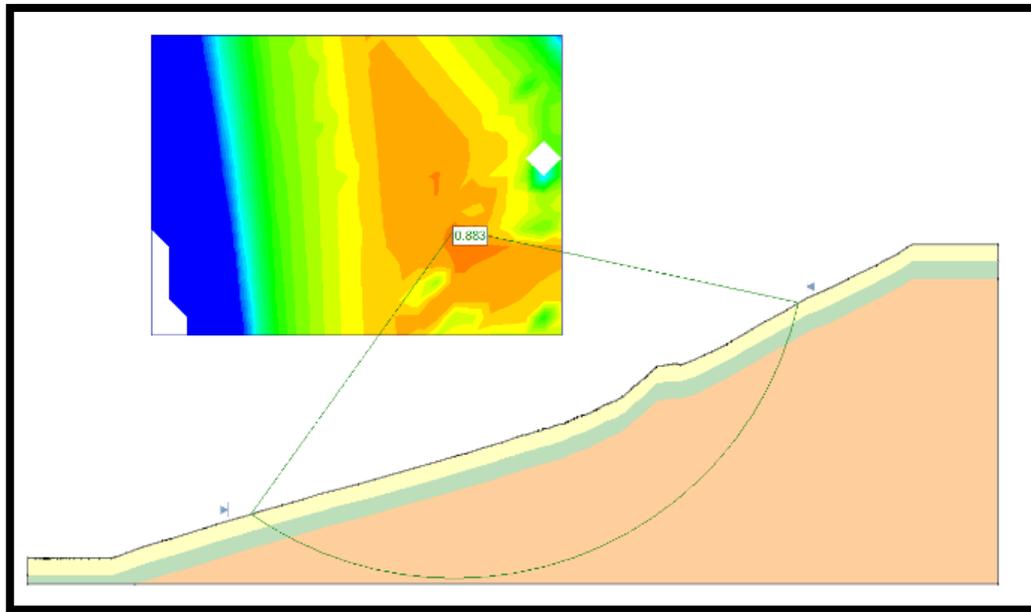
Fuente: Propia

Sin mejoramiento*Imagen 89. Análisis Pseudoestático, método Spencer - Talud A*

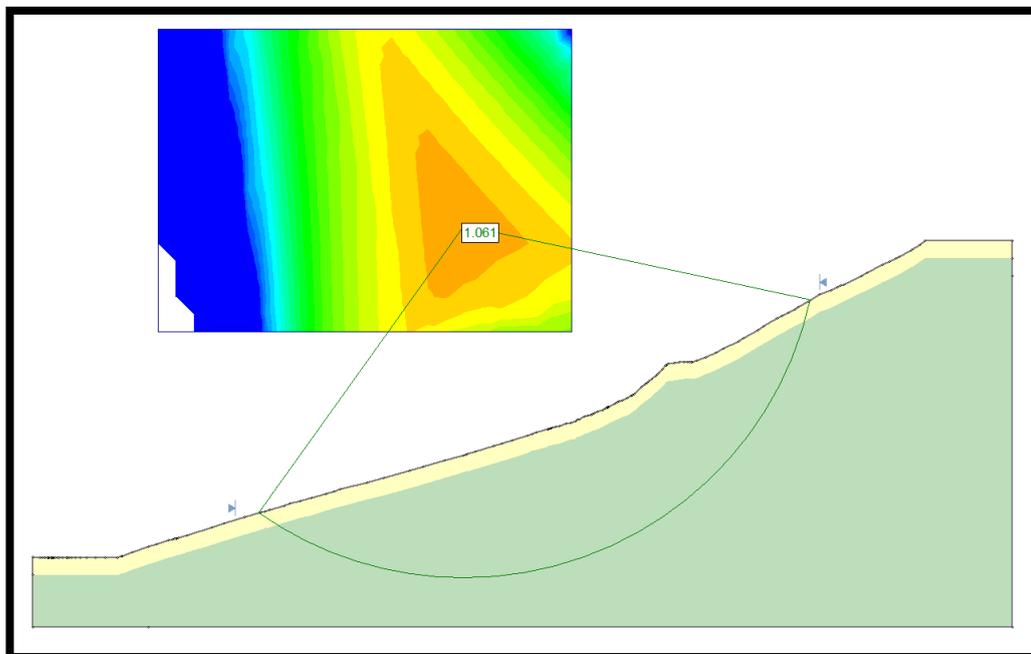
Fuente: Propia

Imagen 90. Análisis Pseudoestático, método Bishop - Talud A

Fuente: Propia

Con mejoramiento*Imagen 91. Análisis pseudoestático, método Spencer con Vetiver - Talud A*

Fuente: Propia

Imagen 92. Análisis pseudoestático, método Bishop - Talud A

Fuente: Propia

Se realizó un cuadro donde se resumen los datos obtenidos mediante el software Slide V6.0 para apreciar el incremento de la estabilidad del talud con coeficiente de sismo para ambos casos (Talud sin y con mejoramiento de pasto Vetiver).

Tabla 40. Cuadro resumen de factor de seguridad - Análisis pseudoestático

| ANÁLISIS PSEUDOESTÁTICO | | | | |
|-------------------------|-------------|--------|-------------|--------|
| | Sin vetiver | | Con vetiver | |
| Talud A | Spencer | Bishop | Spencer | Bishop |
| | 0.833 | 0.833 | 1.051 | 1.061 |

Fuente: Elaboración Propia

Con esta tabla se aprecia el aumento del factor de seguridad cuando aplicando sismos al talud, lo cual se ve evidenciado en ambos métodos de análisis (Spencer y Bishop), lo que demuestra que el aumento mediante el sembrado de pasto Vetiver es significativo.

Comparación de factores de seguridad obtenidos para el talud sin y con mejoramiento de pasto Vetiver

Análisis estático

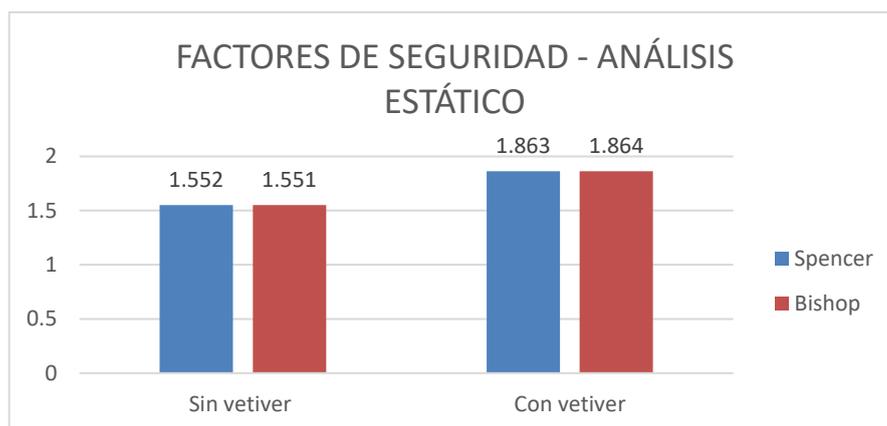
Se realizó una tabla mediante la cual se analizará los factores de seguridad obtenidos, graficando el efecto del mejoramiento gracias a la siembra de pasto Vetiver en el talud de estudio.

Tabla 41. Incremento de factor de seguridad - Análisis estático

| FACTOR DE SEGURIDAD - ANÁLISIS ESTÁTICO | | |
|---|---------------|---------------|
| | Spencer | Bishop |
| Sin vetiver | 1.552 | 1.551 |
| Con vetiver | 1.863 | 1.864 |
| Incremento (%) | 20.038 | 20.181 |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 13. Factores de seguridad - análisis estático



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla y gráfico mostrados se evidencia un incremento notable del factor de seguridad, esto debido a que gracias a las raíces de pasto Vetiver establecidas en el suelo elevan el valor de la cohesión no drenada, así como la carga portante del talud provocando una resistencia más elevada a los esfuerzos de corte que son los que ocasionan los deslizamientos en el talud. Los resultados muestran un incremento aproximadamente el 20% en los primeros 4 meses de siembra.

Análisis Pseudoestático

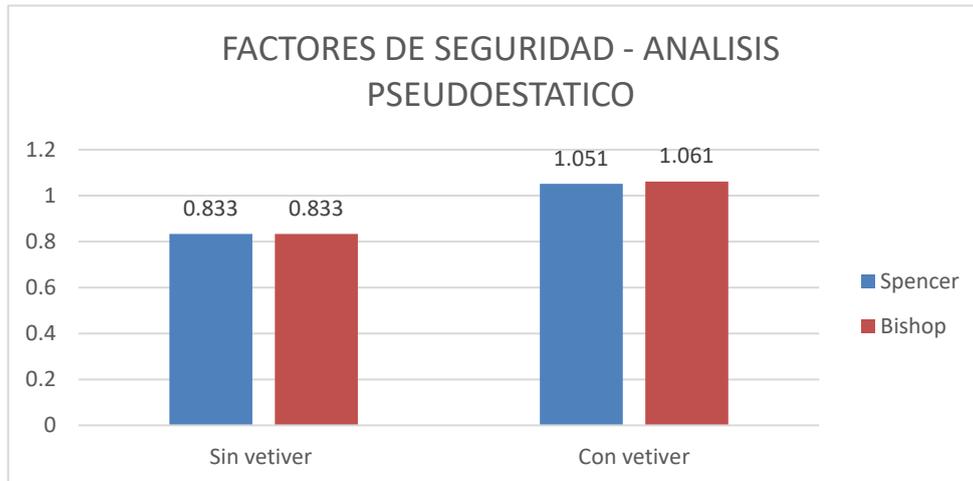
Se realizó una tabla mediante la cual se analizará los factores de seguridad obtenidos, graficando el efecto del mejoramiento gracias a la siembra de pasto Vetiver en el talud de estudio.

Tabla 42. Incremento de factor de seguridad - Análisis Pseudoestático

| FACTOR DE SEGURIDAD - ANÁLISIS PSEUDOESTÁTICO | | |
|---|---------|--------|
| | Spencer | Bishop |
| Sin vetiver | 0.833 | 0.833 |
| Con vetiver | 1.051 | 1.061 |
| Incremento (%) | 26.171 | 27.371 |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 14. Factores de seguridad - Análisis Pseudoestático



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla y gráfico mostrado se aprecia que mediante la aplicación de pasto vetiver mejoran las condiciones de estabilidad del talud analizado mediante coeficiente de sismo para ambos métodos de estabilidad. Los resultados evidencian un incremento del 26% y 27% de los factores de seguridad, aumentando la estabilidad del talud en condiciones sísmicas.

Discusión

- Se determino los parámetros geomecánicas del suelo mediante las correlaciones efectuadas para el tipo de suelo CH (Arcillas de alta plasticidad), teniendo un valor de ángulo de fricción despreciable, ya que el valor real es muy cercano a cero, y para el peso específico del suelo determinado de 14.1 KN/m³, el valor de la cohesión mediante el cálculo de correlaciones para los distintos de suelo analizados, tomando como punto de partida los ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL) realizados en el talud.
- Con relación a los valores de cohesión se realizaron correlaciones , tanto para el talud sin mejoramiento como para el talud mejorado con pasto Vetiver, tomando los datos del ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL), del cual se analizaron las gráficas resultantes del desarrollo de las correlaciones del cual se a definiendo tres tipos de suelo para el caso del talud sin mejoramiento de pasto Vetiver, obteniendo los resultados de cohesión para el talud sin adición del pasto Vetiver para el primer estrato de 40.452 KN/m², para el segundo estrato de 43.521 KN/m² y de 57.162 KN/m² para el tercer estrato. Para el talud mejorado con aplicación de pasto Vetiver se determinaros 2 tipos de estratos, en los cuales el primero presenta un valor de cohesión de 48.237 KN/m² y el segundo estrato un valor de 67.538 KN/m². Con ello se observa el aumento de los valores de cohesión para los estratos mejorados con las raíces del pasto Vetiver, siendo este estudio para los primeros 4 meses desde sembrado el pasto Vetiver, siendo este el tiempo mínimo de estabilización del pasto Vetiver en el talud.
- Con referencia a los factores de seguridad, se obtuvo valores de 1.552 para ambos métodos en ele análisis estático, mientras que para el talud con mejoramiento de pasto Vetiver se obtuvo los factores de 1.863 para el método Spencer y 1.864 para el método Bishop, Obteniendo un incremento de la estabilidad de 20.038% y 21.181% en condiciones estáticas. Para el análisis con sismo se obtuvo los valores de 0.833 para ambos métodos en el talud sin mejoramiento, mientras que para el talud mejorado con pasto Vetiver se obtuvo 1.051, lo que significa 26.171% de incremento para el método Spencer y 1.061, lo que muestra un 27.371% de incremento para el método Bishop. Por lo que se puede considerar el uso de pasto Vetiver como una alternativa eficaz para la mejora en el deslizamiento de taludes que da resultados desde los 4 meses s desde la siembra.

Conclusiones

- Conclusión respecto a DPL. Se realizaron ensayos DPL para ambas condiciones del talud, se realizaron los 5 primeros ensayos en puntos distribuidos a lo largo del talud para medir la resistencia del suelo sin aplicación de pasto Vetiver, el mismo proceso se realizó luego de 4 meses en los que el pasto Vetiver se estableció en el terreno. Con estos datos se establecieron correlaciones para poder obtener los valores de cohesión no drenada, en los cuales se observó un aumento de estos valores para el talud con aplicación de mejoramiento mediante el sembrío de pasto Vetiver para estabilizar el suelo.
- En cuanto a la evaluación geológica del talud mediante la carta geológica nacional en el cual se estudió el talud ubicado en el centro poblado Ajipampa, observamos que este contiene depósitos coluviales y fluviales que hacen al suelo frágiles, además de tener suelos deluviales, lo cuales se caracterizan por ser materiales dúctiles.
- Respecto a los criterios de siembra se analizaron teniendo los datos de la pendiente a estabilizar, en la cual obtuvimos una pendiente en relación de (4H : 1V), mediante ello se optó por realizar el sembrado según las distancias de 0.7 metros entre esquejes de pasto vetiver y un distanciamiento de 3.5 metros para cada hilera de talud.
- Se vio reflejado mediante el presente estudio el incremento de los factores de seguridad para el talud con mejoramiento a través del sembrado de pasto Vetiver en comparación con el talud estudiado sin mejoramiento. Mediante el estudio se observó un incremento del factor de seguridad para un análisis estático de 20.038% según el método Spencer y 21.181% según el método Bishop.
- De igual manera se realizó el análisis pseudoestático de los factores de seguridad, para lo cual se halló un factor sísmico (F_v) de 0.282, en cual esta calculado con referencia al mapa de aceleraciones para un periodo de retorno de 100 años. Según este análisis se determinó el aumento del 26.171% de factor de seguridad según el método Spencer y de 27.371% según el método Bishop.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar la topografía del talud que se quiere incrementar la estabilidad, de modo que se obtenga de manera certera la pendiente y con ello tener mejor percepción de las distancias en las que se debe realizar el sembrado para obtener mejores resultados.
- Se recomienda que en caso de estabilizar algún otro talud mediante esta alternativa, se tenga en consideración que los esquejes llevan un periodo de adaptación, además que por los 10 primeros días se debe regar 1 o 2 veces por día para ayudar a que el pasto Vetiver logre estabilizarse en el suelo.
- Se recomienda si desea analizar el talud mediante el software Slide V6.0 se debe hallar mediante calicatas el perfil estratigráfico y ensayos de laboratorio el tipo de suelo a estudiar, de manera que sea mas preciso hallar los parámetros geotécnicos que servirán como base para poder determinar de manera correcta los factores de seguridad.
- Se recomienda continuar investigando acerca de los beneficios que puede brindar el pasto Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*), ya que tiene propiedades físicas y mecánicas que pueden resultar útiles en otras ramas o proyectos de ingeniería.

Bibliografía

- [1] H. G. H. W. Castellanos, ANALISIS PARA LA REDUCCION DE RIESGOS UTILIZANDO EL PASTO VETIVER EN EL TALUD UBICADO EN EL PARQUE ECOLOGICO LAS ARDILLAS, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017.
- [2] J. N. S. Pillpa, Estabilización de taludes mediante la técnica de bioingeniería con cultivo de pastos vetiver en zonas tropicales, Huancayo: Universidad Continental, 2019.
- [3] E. A. P. d. Àgreda, Estabilidad de Taludes, barcelona: Universidad Politecnica de Catalunya, 2005.
- [4] I. N. d. D. C. (INDECI), Manual de estimación del riesgo ante movimientos en masa en laderas, Lima: Direccion acional de Prevencion , 2011.
- [5] I. A. Ayaña, «Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definicion, clasificaciones y terminologia,» *Scielo*, vol. I, nº 41, pp. 9-10, 2000.
- [6] I. C. G. G. José Grases, Estudio de caso: Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable frente a los deslizamientos, Caracas: Organización Panamericana de Salud, 1997.
- [7] Geologiaweb, «Geologiaweb,» 2020. [En línea]. Available: <https://geologiaweb.com/riesgos-naturales/deslizamientos/>.
- [8] E. G. S. Zambrano, Analisis del sistemade anclajes tipo bulones para estabilizacion de talud en lomas de urdesa, Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2016.
- [9] S. M. s. D. O. A. Valiente Saenz Ricardo, «Estabilidad de Taludes: Conceptos Basicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Calculo,» *Revista Civilizate*, 2016.
- [10] C. Sanhueza Plaza y R. C. L., «Análisis comparativo de metodos de calculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales,» *Scielo*, 2013.
- [11] R. C. Sanhueza Plaza, «Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales,» *Revista de la Construcción*, vol. 12, nº 1, pp. 17-29, 2013.
- [12] G. D. E. Carlos Enrique Escobar Potes, Geotecnia para el tropico andino, Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2017.
- [13] F. Catanzariti, «Geoestru,» Geoestru, 2016. [En línea]. Available: <http://www.geoestru.eu>.
- [14] D. G. M. d. Jesus, Analisis de taludes por el metodo Bishop, Ciudad de Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México, 2018.
- [15] M. P. C. H. S. G. Agustin Demeneghi Colina, Apuntes de mecánica de suelos, Ciudad de Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 2011.
- [16] J. P. Sarmiento, Análisis e implementación del método unificado de equilibrio límite en la evaluación de estabilidad de taludes, Cuenca: Universidad de Cuenca, 2010.
- [17] K. S. L., Goethechnical Earthquake Engineering, New Jersey: Pretince Hall, 1996.
- [18] N. C. M. Arratea, REduccion de la erosion hidrica del suelo, con la utilización de la Vetiveria Zizanioides en la microcuenca de Tingoragra - Nauyan Rondos, provincia de Huanuco 2017, Huanuco: Universidad de Huanuco, 2018.
- [19] M. C. Quispe, «Vetiver, Erosion y C. Global,» 7 Enero 2014. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/vetivererosionycglobal/home/investigacion-y-noticias-vetiver>. [Último acceso: 10 05 2022].
- [20] H. A. Fray, Propuesta de estabilización de taludes con pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*, L.) en el canal de irrigación - Tingo de Ponaza, Tingo de Ponaza: Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2014.

- [21] H. G. H. W. Castellanos, Análisis para la reducción de riesgos utilizando el pasto vetiver en el talud ubicado en el parque ecológico las ardillas, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017.
- [22] M. Downs, Manual de bioingeniería, Honduras: Confederación Suiza, 2013.
- [23] C. C. Villalaz, Mecánica de suelos y cimentaciones, Monterrey: Noriega Editores, 2004.
- [24] B. M. Das, Fundamentos de ingeniería geotécnica, Ciudad de México: Cenage Learning, 2013.
- [25] M. d. T. y. Comunicaciones, Manual de ensayo de materiales, Lima, 2016.
- [26] I. G. M. y. Metalúrgico, Boletín N° 38 - Carta Geológica Nacional, Lima: Sector energía y minas, 1984.
- [27] L. R. R. Campos, Análisis de la estabilidad de taludes en la carretera Lajas - Ajipampa, Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.
- [28] J. L. M. B. Carlos Andrés Caudros Romero, Obtención y selección apropiada del valor de cohesión no drenada para el piedemonte de los cerros orientales de Bogotá usando ensayos in situ, Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2015.
- [29] A. M. N. K. K. Waled Dawoud, «Ranking and transformation error assessment of shear strength parameters correlations,» *International Journal of Geo-Engineering*, vol. 7, n° 14, p. 20, 2016.
- [30] y. V.-B. y. E. Beira-Fontaine, Propuesta de pendiente de talud de presas de colas para asegurar la disminución de riesgos de desastres, Hologuín, Cuba: Universidad de Hologuín, 2018.
- [31] Á. F. d. Matteis, Estabilidad de Taludes, Rosario: Universidad Nacional de Rosario, 2003.
- [32] T. V. N. International, «Vetiver System for Erosion and Sediment Control, and Stabilization of Steep Slopes,» 2012. [En línea]. Available: https://www.vetiver.org/AUS_eros-sedim%20cont-o-pdf.
- [33] I. R. com, «Ingeniería Real. com,» [En línea]. Available: <https://ingenieriareal.com/talud-clasificacion-diseno/>.
- [34] j. S. Diaz, Deslizamientos y estabilidad de zonas tropicales, Bucaramanga - Colombia: Universidad Industrial de Santander, 1998.
- [35] E. G. S. Zambrano, Análisis del sistema de anclajes tipos bulones para estabilización de talud en lomas de urdesa, ciudad de Guayaquil", Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2016.

Anexos

Anexo N° 01: Ensayos de campo sin mejoramiento de pasto Vetiver



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION"
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYOS DE D.P.L M-01

COORDENADAS: E. 747206 N. 9275261

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CP N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

| | |
|---|--|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS |
| CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE ENSAYO ESTANDAR PARA LA AUSCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (DPL) | |
| OBRA : INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYZOPOGON ZIZANOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS – CHOTA. | |
| TRAMO : AJIPAMPA LAJAS COORDENADAS : E: 747206 N: 9275261 LADO : DERECHO NIVEL : TALUD NATURAL SOLICITANTE : GIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA ENSAYO N° : 01 | REALIZADO POR: G.R.R REVIZADO POR: H.C.R FECHA: 2/05/2022 |

ECUACION

Equación básica para hincar pilotes derivado por Bolomey, 1974

$$r_d = \frac{M^2 \cdot g \cdot H}{(M + M') \cdot A \cdot e} \quad (a)$$

Para un DPL de dimensiones estándar,

$$r_d = (0.44 - 0.06 \cdot s - 0.003 \cdot s^2) \cdot N_{10} \quad (b)$$

Según Jesus Puy Huarte la carga admisible, es:

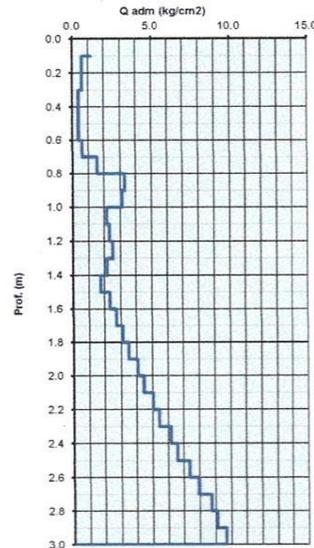
$$\sigma_{adm} = \frac{r_d}{20}$$

r_d : resistencia dinámica de punta (Pa)
 M : masa del martillo (kg)
 H : altura de caída del martillo (m)
 M' : masa de la vaina de penetración, el yunque y la extensión guía (kg)
 A : área de la sección transversal del cono (m²)
 g : aceleración de la gravedad (m/s²)
 e : promedio de penetración (0.1N₁₀)
 s : longitud de penetración y longitud de la punta
 σ_{adm} : capacidad admisible de carga

DATOS Y RESULTADOS

| | |
|--|---|
| M = 10 kg | Suelo cohesivo (1) |
| H = 0.5 m | Suelo evaluado 1 |
| M' = 4 kg | Suelo friccionante (2) |
| A = 0.001 m ² | |
| g = 9.81 m/s ² | |
| e = 0.1 m/N ₁₀ | |
| | s = 0.5 m |
| $r_{d(10)} = 3.57$ (kgf/cm ²)N ₁₀ | $r_{d(2)} = 4.17$ (kgf/cm ²)N ₁₀ |

| Prof. (m) | N ₁₀ | Consistencia | Q _c (N) (Kg/cm ²) | Q _c (t) (Kg/cm ²) | Q _c (grm) (Kg/cm ²) | Q _{adm} (Kg/cm ²) |
|-----------|-----------------|--------------|--|--|--|--|
| 0.1 | 6 | Blanda | 21.44 | 25.05 | 23.24 | 1.16 |
| 0.2 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.52 | 11.62 | 0.58 |
| 0.3 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.52 | 11.62 | 0.58 |
| 0.4 | 2 | Muy Blanda | 7.15 | 8.35 | 7.75 | 0.39 |
| 0.5 | 2 | Muy Blanda | 7.15 | 8.35 | 7.75 | 0.39 |
| 0.6 | 2 | Muy Blanda | 7.15 | 8.35 | 7.75 | 0.39 |
| 0.7 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.52 | 11.62 | 0.58 |
| 0.8 | 8 | Media | 28.59 | 33.39 | 30.99 | 1.55 |
| 0.9 | 17 | Rigida | 60.75 | 70.96 | 65.86 | 3.29 |
| 1.0 | 16 | Rigida | 57.18 | 66.79 | 61.98 | 3.10 |
| 1.1 | 11 | Media | 39.31 | 45.92 | 42.61 | 2.13 |
| 1.2 | 12 | Media | 42.88 | 50.09 | 46.49 | 2.32 |
| 1.3 | 13 | Rigida | 48.46 | 54.27 | 50.36 | 2.52 |
| 1.4 | 11 | Media | 39.31 | 45.92 | 42.61 | 2.13 |
| 1.5 | 9 | Media | 32.16 | 37.57 | 34.87 | 1.74 |
| 1.6 | 12 | Media | 42.88 | 50.09 | 46.49 | 2.32 |
| 1.7 | 14 | Rigida | 50.03 | 58.44 | 54.24 | 2.71 |
| 1.8 | 16 | Rigida | 57.18 | 66.79 | 61.98 | 3.10 |
| 1.9 | 18 | Rigida | 64.33 | 75.14 | 69.73 | 3.49 |
| 2 | 21 | Rigida | 75.05 | 87.86 | 81.35 | 4.07 |
| 2.1 | 23 | Muy Rigida | 82.19 | 96.01 | 89.10 | 4.46 |
| 2.2 | 26 | Muy Rigida | 92.91 | 108.53 | 100.72 | 5.04 |
| 2.3 | 28 | Muy Rigida | 100.06 | 116.88 | 108.47 | 5.42 |
| 2.4 | 32 | Muy Rigida | 114.36 | 133.58 | 123.97 | 6.20 |
| 2.5 | 34 | Muy Rigida | 121.50 | 141.93 | 131.72 | 6.59 |
| 2.6 | 38 | Muy Rigida | 135.80 | 158.63 | 147.21 | 7.36 |
| 2.7 | 41 | Muy Rigida | 146.52 | 171.15 | 158.83 | 7.94 |
| 2.8 | 45 | Muy Rigida | 160.81 | 187.85 | 174.33 | 8.72 |
| 2.9 | 47 | Dura | 167.96 | 196.19 | 182.08 | 9.10 |
| 3 | 50 | Dura | 178.68 | 208.72 | 193.70 | 9.68 |



CRITERIO

El ensayo DPL (DIN 4094), consiste en el hincado continuo en tramos de 10 cm. de una punta cónica de 90° y 10cm² de área transversal utilizando la energía de un martillo de 10 kg de peso, que cae libremente desde una altura de 50 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia del terreno a la penetración.

Para evaluar la capacidad de suelos friccionantes, la tabla adjunta da una idea de la interpretación directa de los valores N₁₀ del DPL:

| Golpes N ₁₀ | Compacidad |
|------------------------|------------|
| <1 | muy suelto |
| <7 | suelto |
| 7 - 83 | medio |
| >83 | denso |

Para la clasificación en suelos cohesivos, no saturados y con índice de plasticidad medio, la tabla se extrae de la norma alemana DIN 4094:

| Golpes N ₁₀ | Consistencia |
|------------------------|--------------|
| <3 | muy blanda |
| 3 - 6 | blanda |
| 7 - 12 | medio |
| 13 - 22 | rigido |
| 23 - 45 | muy rigido |
| >45 | duro |


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Henry David Clavo Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 INSC. EP N° 17267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION"
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYOS DE D.P.L M-02

COORDENADAS: E. 747215 N. 9275260

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

| | |
|--|---|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS |
| CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE | |
| ENSAYO ESTANDAR PARA LA AUSCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (DPL) | |
| OBRA | : INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYZOPOGON ZIZANOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS – CHOTA. |
| TRAMO | : AJIPAMPA LAJAS |
| COORDENADAS | : E: 747215 N: 9275260 |
| LADO | : IZQUIERDO |
| NIVEL | : TALUD NATURAL |
| SOLICITANTE | : GUIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA |
| ENSAYO N° | : 02 |
| | REALIZADO POR: G.R.R REVIZADO POR: H.C.R FECHA: 2/05/2022 |

ECUACION

Ecuacon básica para hincar pilotes derivado por Bolomey, 1974

$$r_d = \frac{M^2 \cdot g \cdot H}{(M + M') \cdot A \cdot e} \quad (a)$$

Para un DPL de dimensiones estándar,

$$r_{d(e)} = (0.44 - 0.06 \cdot s - 0.003 \cdot s^2) \cdot N_{10} \quad (b)$$

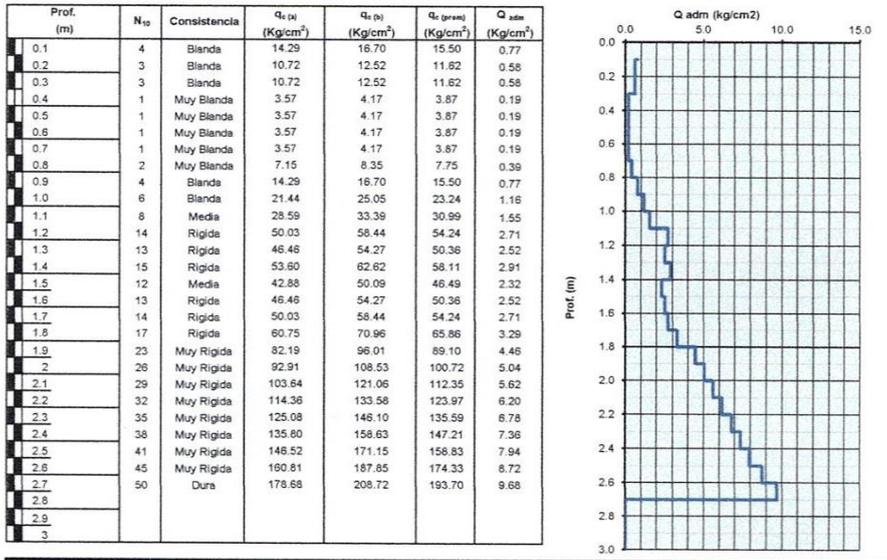
Según Jesús Puy Huarte la carga admisible, es:

$$\sigma_{adm} = \frac{r_d}{20}$$

r_d : resistencia dinámica de punta (Pa)
 M : masa del martillo (kg)
 H : altura de caída del martillo (m)
 M' : masa de la varilla de penetración, el yunque y la extensión guía (kg)
 A : área de la sección transversal del cono (m²)
 g : aceleración de la gravedad (m/s²)
 e : promedio de penetración (0.1/N₁₀)
 s : longitud de penetración y longitud de la punta
 σ_{adm} : capacidad admisible de carga

DATOS Y RESULTADOS

| | |
|---|---|
| M = 10 kg | Suelo cohesivo (1) |
| H = 0.5 m | Suelo evaluado 1 |
| M' = 4 kg | Suelo friccionante (2) |
| A = 0.001 m ² | |
| g = 9.81 m/s ² | |
| e = 0.1 m/N ₁₀ | |
| | s = 0.5 m |
| $r_{d(a)} = 3.57$ (kgf/cm ²)N ₁₀ | $r_{d(b)} = 4.17$ (kgf/cm ²)N ₁₀ |



CRITERIO

El ensayo DPL (DIN 4094), consiste en el hincado continuo en tramos de 10 cm. de una punta cónica de 90° y 10cm² de área transversal utilizando la energía de un martillo de 10 kg de peso, que cae libremente desde una altura de 50 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia del terreno a la penetración.

Para evaluar la capacidad de suelos friccionantes, la tabla adjunta da una idea de la interpretación directa de los valores N₁₀ del DPL:

| Golpes N ₁₀ | Compacidad |
|------------------------|------------|
| <1 | muy suelto |
| <7 | suelto |
| 7 - 83 | medio |
| >83 | denso |

Para la clasificación en suelos cohesivos, no saturados y con índice de plasticidad medio, la tabla se extrae de la norma alemana DIN 4094:

| Golpes N ₁₀ | Consistencia |
|------------------------|--------------|
| <3 | muy blanda |
| 3 - 6 | blanda |
| 7 - 12 | medio |
| 13 - 22 | rigido |
| 23 - 45 | muy rigido |
| >45 | duro |


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Erlin Clavio Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAVIO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION"
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYOS DE D.P.L M-03

COORDENADAS: E. 747209 N. 9275258

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CP N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

| | |
|--|--|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS |
| CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE | |
| ENSAYO ESTANDAR PARA LA AUSCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (DPL) | |
| OBRA : INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYZOPOGON ZIZANIOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA. | |
| TRAMO : AJIPAMPA LAJAS | REALIZADO POR: G.R.R |
| COORDENADAS : E: 747209 N: 9275258 | REVIZADO POR: H.C.R |
| LADO : EJE | FECHA: 2/05/2022 |
| NIVEL : TALUD NATURAL | |
| SOLICITANTE : GIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA | |
| ENSAYO N° : 03 | |

ECUACION

Ecuación básica para hincar pilotes derivado por Bolomey, 1974

$$r_d = \frac{M^2 \cdot g \cdot H}{(M + M') \cdot A \cdot e} \quad (a)$$

Para un DPL de dimensiones estándar,

$$r_d = (0.44 - 0.06 \cdot s - 0.003 \cdot s^2) \cdot N_{10} \quad (b)$$

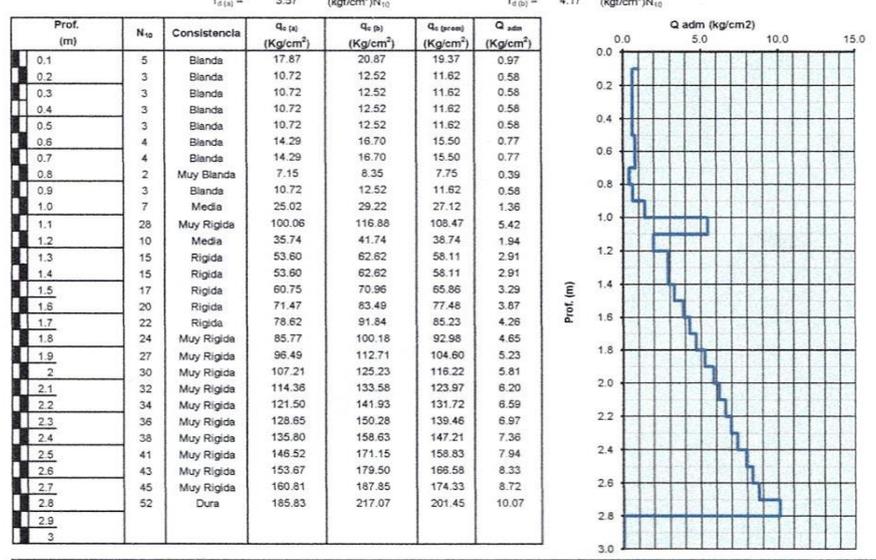
Según Jesus Puy Huarte la carga admisible, es:

$$\sigma_{adm} = \frac{r_d}{20}$$

r_d : resistencia dinámica de punta (Pa)
 M : masa del martillo (kg)
 H : altura de caída del martillo (m)
 M' : masa de la varilla de penetración, el yunque y la extensión guía (kg)
 A : área de la sección transversal del cono (m²)
 g : aceleración de la gravedad (m/s²)
 e : promedio de penetración (0.1/N₁₀)
 s : longitud de penetración y longitud de la punta
 σ_{adm} : capacidad admisible de carga

DATOS Y RESULTADOS

| | |
|---|---|
| M = 10 kg | Suelo cohesivo (1) |
| H = 0.5 m | Suelo evaluado 1 |
| M' = 4 kg | Suelo friccionante (2) |
| A = 0.001 m ² | |
| g = 9.81 m/s ² | |
| e = 0.1 m/N ₁₀ | s = 0.5 m |
| $r_{d(a)} = 3.57$ (kgf/cm ²)N ₁₀ | $r_{d(b)} = 4.17$ (kgf/cm ²)N ₁₀ |



CRITERIO

El ensayo DPL (DIN 4094), consiste en el hincado continuo en tramos de 10 cm. de una punta cónica de 90° y 10cm² de área transversal utilizando la energía de un martillo de 10 kg de peso, que cae libremente desde una altura de 50 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia del terreno a la penetración.

Para evaluar la capacidad de suelos friccionantes, la tabla adjunta da una idea de la interpretación directa de los valores N₁₀ del DPL:

| Golpes N ₁₀ | Compacidad |
|------------------------|------------|
| <1 | muy suelto |
| <7 | suelto |
| 7 - 83 | medio |
| >83 | denso |

Para la clasificación en suelos cohesivos, no saturados y con índice de plasticidad medio, la tabla se extrae de la norma alemana DIN 4094:

| Golpes N ₁₀ | Consistencia |
|------------------------|--------------|
| <3 | muy blanda |
| 3 - 6 | blanda |
| 7 - 12 | medio |
| 13 - 22 | rigido |
| 23 - 45 | muy rigido |
| >45 | duro |


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION"
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYOS DE D.P.L M-04

COORDENADAS: E. 747196 N. 9275240

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Pres. EIP N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

| | |
|---|---|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS |
| CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE | |
| ENSAYO ESTANDAR PARA LA AUSCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (DPL) | |
| OBRA : INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYZOPOGON ZIZANIOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA. | |
| TRAMO : AJIPAMPA LAJAS COORDENADAS : E.747196 N. 9275240 LADO : DERECHO NIVEL : TALUD NATURAL SOLICITANTE : GUIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA ENSAYO N° : 04 | REALIZADO POR: G.R.R REVIZADO POR: H.C.R FECHA: 2/05/2022 |

ECUACION

Ecuación básica para hincar pilotes derivado por Bolomey, 1974

$$r_{cd} = \frac{M^2 \cdot g \cdot H}{(M + M') \cdot A \cdot e} \quad (a)$$

Para un DPL de dimensiones estándar,

$$r_{cd} = (0.44 - 0.06 \cdot s - 0.003 \cdot s^2) N_{10} \quad (b)$$

Según Jesus Puy Huarte la carga admisible, es:

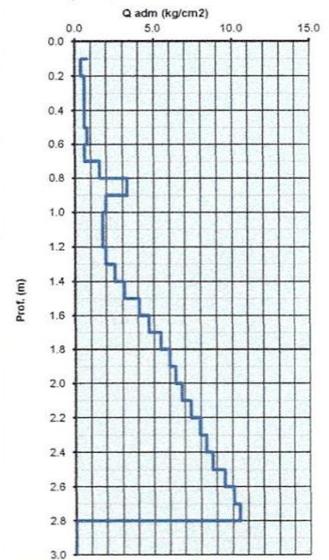
$$\sigma_{adm} = \frac{r_{cd}}{20}$$

r_{cd} : resistencia dinámica de punta (Pa)
 M : masa del martillo (kg)
 H : altura de caída del martillo (m)
 M' : masa de la varilla de penetración, el yunque y la extensión guía (kg)
 A : área de la sección transversal del cono (m²)
 g : aceleración de la gravedad (m/s²)
 e : promedio de penetración (0.1/N₁₀)
 s : longitud de penetración y longitud de la punta
 σ_{adm} : capacidad admisible de carga

DATOS Y RESULTADOS

| | |
|---|---|
| M = 10 kg | Suelo cohesivo (1) |
| H = 0.5 m | Suelo evaluado 1 |
| M' = 4 kg | Suelo friccionante (2) |
| A = 0.001 m ² | |
| g = 9.81 m/s ² | |
| e = 0.1 m/N ₁₀ | |
| | s = 0.5 m |
| $r_{d(0)} = 3.57$ (kgf/cm ²)N ₁₀ | $r_{d(0)} = 4.17$ (kgf/cm ²)N ₁₀ |

| Prof. (m) | N ₁₀ | Consistencia | Q ₁₍₀₎ (Kg/cm ²) | Q ₂₍₀₎ (Kg/cm ²) | Q _{1(gres)} (Kg/cm ²) | Q _{adm} (Kg/cm ²) |
|-----------|-----------------|--------------|---|---|--|--|
| 0.1 | 4 | Blanda | 14.29 | 16.70 | 15.50 | 0.77 |
| 0.2 | 2 | Muy Blanda | 7.15 | 8.35 | 7.75 | 0.39 |
| 0.3 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.52 | 11.62 | 0.58 |
| 0.4 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.52 | 11.62 | 0.58 |
| 0.5 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.52 | 11.62 | 0.58 |
| 0.6 | 4 | Blanda | 14.29 | 16.70 | 15.50 | 0.77 |
| 0.7 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.52 | 11.62 | 0.58 |
| 0.8 | 8 | Media | 28.59 | 33.39 | 30.99 | 1.55 |
| 0.9 | 17 | Rigida | 60.75 | 70.96 | 65.86 | 3.29 |
| 1.0 | 10 | Media | 35.74 | 41.74 | 38.74 | 1.94 |
| 1.1 | 9 | Media | 32.16 | 37.57 | 34.87 | 1.74 |
| 1.2 | 9 | Media | 32.16 | 37.57 | 34.87 | 1.74 |
| 1.3 | 10 | Media | 35.74 | 41.74 | 38.74 | 1.94 |
| 1.4 | 13 | Rigida | 46.46 | 54.27 | 50.36 | 2.52 |
| 1.5 | 16 | Rigida | 57.18 | 66.79 | 61.98 | 3.10 |
| 1.6 | 21 | Rigida | 75.05 | 87.66 | 81.35 | 4.07 |
| 1.7 | 24 | Muy Rigida | 85.77 | 100.18 | 92.98 | 4.65 |
| 1.8 | 28 | Muy Rigida | 100.06 | 116.88 | 108.47 | 5.42 |
| 1.9 | 31 | Muy Rigida | 110.78 | 129.40 | 120.09 | 6.00 |
| 2.0 | 33 | Muy Rigida | 117.93 | 137.75 | 127.84 | 6.39 |
| 2.1 | 35 | Muy Rigida | 125.08 | 146.10 | 135.59 | 6.78 |
| 2.2 | 38 | Muy Rigida | 135.80 | 158.63 | 147.21 | 7.36 |
| 2.3 | 41 | Muy Rigida | 146.52 | 171.15 | 158.83 | 7.94 |
| 2.4 | 43 | Muy Rigida | 153.67 | 179.50 | 166.58 | 8.33 |
| 2.5 | 45 | Muy Rigida | 160.81 | 187.85 | 174.33 | 8.72 |
| 2.6 | 49 | Dura | 175.11 | 204.54 | 189.83 | 9.49 |
| 2.7 | 52 | Dura | 185.83 | 217.07 | 201.45 | 10.07 |
| 2.8 | 54 | Dura | 192.98 | 225.41 | 209.20 | 10.46 |
| 2.9 | | | | | | |
| 3.0 | | | | | | |



CRITERIO

El ensayo DPL (DIN 4094), consiste en el hincado continuo en tramos de 10 cm. de una punta cónica de 90° y 10cm² de área transversal utilizando la energía de un martillo de 10 kg de peso, que cae libremente desde una altura de 50 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia del terreno a la penetración.

Para evaluar la capacidad de suelos friccionantes, la tabla adjunta da una idea de la interpretación directa de los valores N₁₀ del DPL:

| Golpes N ₁₀ | Compacidad |
|------------------------|------------|
| <1 | muy suelto |
| <7 | suelto |
| 7 - 83 | medio |
| >83 | denso |

Para la clasificación en suelos cohesivos, no saturados y con índice de plasticidad medio, la tabla se extrae de la norma alemana DIN 4094:

| Golpes N ₁₀ | Consistencia |
|------------------------|--------------|
| <3 | muy blanda |
| 3 - 6 | blanda |
| 7 - 12 | medio |
| 13 - 22 | rigido |
| 23 - 45 | muy rigido |
| >45 | duro |


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIR. N° 77267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION"
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYOS DE D.P.L M-05

COORDENADAS: E. 747206 N. 9275235

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

| | |
|--|--|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS |
| CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE ENSAYO ESTANDAR PARA LA AUSCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (DPL) | |
| OBRA : INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYZOPOGON ZIZANIOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS – CHOTA. | |
| TRAMO : AJIPAMPA LAJAS COORDENADAS : E: 747206 N: 9275235 LADO : IZQUIERDO NIVEL : TALUD NATURAL SOLICITANTE : GUIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA ENSAYO N° : 05 | REALIZADO POR: G.R.R REVIZADO POR: H.C.R FECHA: 2/05/2022 |

ECUACION

Ecuación básica para hincar pilotes derivado por Bolomey, 1974

$$r_d = \frac{M^2 \cdot g \cdot H}{(M + M') \cdot A \cdot e} \quad (a)$$

Para un DPL de dimensiones estándar,

$$r_d = (0.44 - 0.06 \cdot s - 0.003 \cdot s^2) \cdot N_{10} \quad (b)$$

Según Jesús Puy Huarte la carga admisible, es:

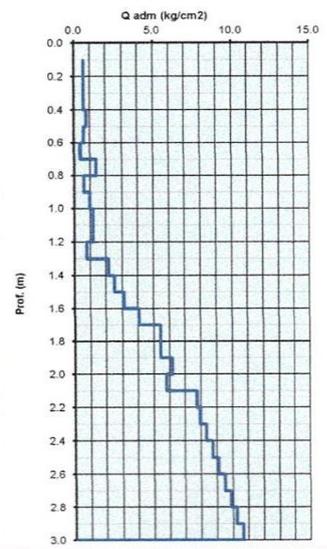
$$\sigma_{adm} = \frac{r_d}{20}$$

r_d : resistencia dinámica de punta (Pa)
 M : masa del martillo (kg)
 H : altura de caída del martillo (m)
 M' : masa de la varilla de penetración, el yunque y la extensión guía (kg)
 A : área de la sección transversal del cono (m²)
 g : aceleración de la gravedad (m/s²)
 e : promedio de penetración (0.1/N₁₀)
 s : longitud de penetración y longitud de la punta
 σ_{adm} : capacidad admisible de carga

DATOS Y RESULTADOS

| | |
|---|---|
| M = 10 kg | Suelo cohesivo (1) |
| H = 0.5 m | Suelo evaluado 1 |
| M' = 4 kg | Suelo friccionante (2) |
| A = 0.001 m ² | |
| g = 9.81 m/s ² | |
| e = 0.1 m/N ₁₀ | |
| | s = 0.5 m |
| $r_{d(a)} = 3.57 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \cdot N_{10}$ | $r_{d(b)} = 4.17 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \cdot N_{10}$ |

| Prof. (m) | N ₁₀ | Consistencia | Q _{c(a)} (Kg/cm ²) | Q _{c(b)} (Kg/cm ²) | Q _{c (grava)} (Kg/cm ²) | Q adm (Kg/cm ²) |
|-----------|-----------------|--------------|---|---|--|-----------------------------|
| 0.1 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.52 | 11.62 | 0.58 |
| 0.2 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.52 | 11.62 | 0.58 |
| 0.3 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.52 | 11.62 | 0.58 |
| 0.4 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.52 | 11.62 | 0.58 |
| 0.5 | 4 | Blanda | 14.29 | 16.70 | 15.50 | 0.77 |
| 0.6 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.52 | 11.62 | 0.58 |
| 0.7 | 2 | Muy Blanda | 7.15 | 8.35 | 7.75 | 0.39 |
| 0.8 | 7 | Media | 25.02 | 29.22 | 27.12 | 1.36 |
| 0.9 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.52 | 11.62 | 0.58 |
| 1.0 | 5 | Blanda | 17.87 | 20.87 | 19.37 | 0.97 |
| 1.1 | 6 | Blanda | 21.44 | 25.05 | 23.24 | 1.16 |
| 1.2 | 6 | Blanda | 21.44 | 25.05 | 23.24 | 1.16 |
| 1.3 | 4 | Blanda | 14.29 | 16.70 | 15.50 | 0.77 |
| 1.4 | 11 | Media | 39.31 | 45.92 | 42.61 | 2.13 |
| 1.5 | 13 | Rigida | 46.46 | 54.27 | 50.36 | 2.52 |
| 1.6 | 16 | Rigida | 57.18 | 66.79 | 61.98 | 3.10 |
| 1.7 | 21 | Rigida | 75.05 | 87.66 | 81.35 | 4.07 |
| 1.8 | 28 | Muy Rigida | 100.06 | 116.88 | 108.47 | 5.42 |
| 1.9 | 28 | Muy Rigida | 100.06 | 116.88 | 108.47 | 5.42 |
| 2 | 32 | Muy Rigida | 114.36 | 133.58 | 123.97 | 6.20 |
| 2.1 | 30 | Muy Rigida | 107.21 | 125.23 | 116.22 | 5.81 |
| 2.2 | 40 | Muy Rigida | 142.95 | 166.97 | 154.96 | 7.75 |
| 2.3 | 41 | Muy Rigida | 146.52 | 171.15 | 158.83 | 7.94 |
| 2.4 | 43 | Muy Rigida | 153.67 | 179.50 | 166.58 | 8.33 |
| 2.5 | 45 | Muy Rigida | 160.81 | 187.85 | 174.33 | 8.72 |
| 2.6 | 47 | Dura | 167.96 | 196.19 | 182.08 | 9.10 |
| 2.7 | 49 | Dura | 175.11 | 204.54 | 189.83 | 9.49 |
| 2.8 | 51 | Dura | 182.26 | 212.89 | 197.57 | 9.88 |
| 2.9 | 53 | Dura | 189.40 | 221.24 | 205.32 | 10.27 |
| 3 | 55 | Dura | 196.55 | 229.59 | 213.07 | 10.65 |



CRITERIO

El ensayo DPL (DIN 4094), consiste en el hincado continuo en tramos de 10 cm. de una punta cónica de 90° y 10cm² de área transversal utilizando la energía de un martillo de 10 kg de peso, que cae libremente desde una altura de 50 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia del terreno a la penetración.

Para evaluar la capacidad de suelos friccionantes, la tabla adjunta da una idea de la interpretación directa de los valores N₁₀ del DPL:

| Golpes N ₁₀ | Compacidad |
|------------------------|------------|
| <1 | muy suelto |
| <7 | suelto |
| 7 - 83 | medio |
| >83 | denso |

Para la clasificación en suelos cohesivos, no saturados y con índice de plasticidad medio, la tabla se extrae de la norma alemana DIN 4094:

| Golpes N ₁₀ | Consistencia |
|------------------------|--------------|
| <3 | muy blanda |
| 3 - 6 | blanda |
| 7 - 12 | medio |
| 13 - 22 | rigido |
| 23 - 45 | muy rigido |
| >45 | duro |


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267

Anexo N° 02: Ensayos de campo con mejoramiento de pasto Vetiver



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

TESIS:

**INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE
TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER
(CHRYZOPOGON ZIZANIOIDES)
APLICADO AL CENTRO POBLADO
AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS –
CHOTA.**

TESISTA:

GUIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA

ENSAYO:

DPL EN TALUD NATURAL

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachi
LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Germán Ríos Pacheco Ríos Pacheco
INGENIERO CIVIL
Reg. EPS 14787

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD

CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE
ENSAYO ESTANDAR PARA LA AUSCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (DPL)

OBRA : INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYSOPOGON ZIZANOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJUPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA.

TRAMO : AJUPAMPA LAJAS
COORDENADAS : E: 747205 N: 9276238
LADO : IZQUIERDO
NIVEL : TALUD NATURAL
SOLICITANTE : GUIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA
ENSAYO N° : 05

REALIZADO POR: G.R.R
REVISADO POR: H.C.R
FECHA: 30/05/2022

ECUACION

Ecuación básica para obtener r_{da} derivada por Skempton, 1974

$$r_{da} = \frac{M^2 \cdot g \cdot H}{(M + M^2) \cdot A \cdot x} \quad (a)$$

Para un DPL de dimensiones estándar:

$$r_{da} = (0.44 - 0.06 \cdot x - 0.003 \cdot x^2) N_{1,0} \quad (b)$$

Según Jesús Hoy Huacho la carga admisible, es:

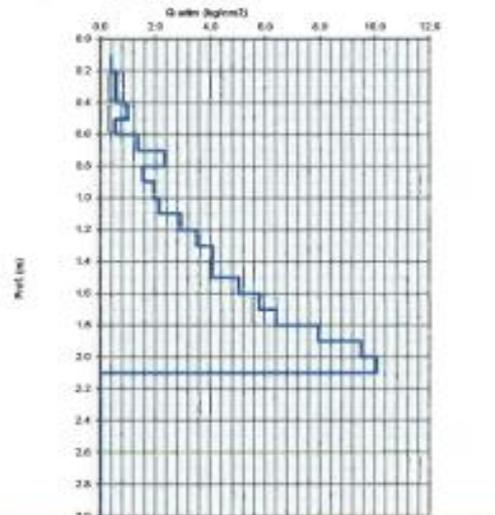
$$q_{adm} = \frac{r_{da}}{20}$$

r_{da} : resistencia dinámica de punta (Pa)
 M : masa del martillo (kg)
 H : altura de caída del martillo (m)
 M' : masa de la cabeza de penetración, el yunque y la columna guía (kg)
 A : área de la sección transversal del cono (m²)
 x : profundidad de la penetración (m)
 $N_{1,0}$: promedio de penetración (1/MPa)
 q_{adm} : capacidad admisible de carga

DATOS Y RESULTADOS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|------------------|----|------|-----|----|-----|---|----|-----|-------|----------------|-----|------|------------------|-----|-----|---|---|--------------------|--|-----------------------|--|---------------------------|--|-----|-----|-----|--------------------|-------|-----|
| <table border="0"> <tr><td>W =</td><td>10</td><td>kg</td></tr> <tr><td>W' =</td><td>6.5</td><td>kg</td></tr> <tr><td>M =</td><td>4</td><td>kg</td></tr> <tr><td>A =</td><td>0.001</td><td>m²</td></tr> <tr><td>g =</td><td>9.81</td><td>m/s²</td></tr> <tr><td>x =</td><td>0.1</td><td>m</td></tr> </table> | W = | 10 | kg | W' = | 6.5 | kg | M = | 4 | kg | A = | 0.001 | m ² | g = | 9.81 | m/s ² | x = | 0.1 | m | <table border="0"> <tr><td>Suelo cohesivo (1)</td><td></td></tr> <tr><td>Suelo no cohesivo (2)</td><td></td></tr> <tr><td>Suelo Montmorillonite (3)</td><td></td></tr> <tr><td>q =</td><td>0.5</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>q_{adm} =</td><td>0.025</td><td>MPa</td></tr> </table> | Suelo cohesivo (1) | | Suelo no cohesivo (2) | | Suelo Montmorillonite (3) | | q = | 0.5 | MPa | q _{adm} = | 0.025 | MPa |
| W = | 10 | kg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W' = | 6.5 | kg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M = | 4 | kg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A = | 0.001 | m ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| g = | 9.81 | m/s ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x = | 0.1 | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suelo cohesivo (1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suelo no cohesivo (2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suelo Montmorillonite (3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| q = | 0.5 | MPa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| q _{adm} = | 0.025 | MPa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Prof. (m) | R _d | Consistencia | q ₁₀ (kg/cm ²) | q ₂₀ (kg/cm ²) | q ₃₀ (kg/cm ²) | q ₄₀ (kg/cm ²) |
|-----------|----------------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 0.1 | 2 | Muy Blanda | 7.15 | 8.35 | 7.75 | 0.38 |
| 0.2 | 2 | Muy Blanda | 7.15 | 8.35 | 7.75 | 0.38 |
| 0.3 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.82 | 11.62 | 0.58 |
| 0.4 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.82 | 11.62 | 0.58 |
| 0.5 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.82 | 11.62 | 0.58 |
| 0.6 | 3 | Blanda | 10.72 | 12.82 | 11.62 | 0.58 |
| 0.7 | 7 | Medio | 28.02 | 28.22 | 27.12 | 1.36 |
| 0.8 | 10 | Medio | 43.88 | 38.08 | 48.48 | 2.32 |
| 0.9 | 8 | Medio | 28.58 | 33.38 | 30.98 | 1.55 |
| 1.0 | 10 | Medio | 35.74 | 45.74 | 38.74 | 1.94 |
| 1.1 | 11 | Medio | 38.21 | 45.92 | 42.91 | 2.13 |
| 1.2 | 10 | Rigido | 53.60 | 62.62 | 58.11 | 2.91 |
| 1.3 | 10 | Rigido | 54.30 | 78.14 | 69.73 | 3.49 |
| 1.4 | 21 | Rigido | 73.08 | 87.88 | 91.35 | 4.57 |
| 1.5 | 21 | Rigido | 73.08 | 87.88 | 91.35 | 4.57 |
| 1.6 | 28 | Muy Rigido | 102.51 | 138.52 | 130.72 | 6.34 |
| 1.7 | 30 | Muy Rigido | 107.21 | 128.22 | 116.22 | 5.81 |
| 1.8 | 32 | Muy Rigido | 107.00 | 137.75 | 127.84 | 6.30 |
| 1.9 | 41 | Muy Rigido | 148.52 | 171.15 | 158.83 | 7.94 |
| 2.0 | 46 | Duro | 175.11 | 204.04 | 189.83 | 9.49 |
| 2.1 | 52 | Duro | 188.83 | 257.07 | 201.45 | 10.07 |
| 2.2 | | | | | | |
| 2.3 | | | | | | |
| 2.4 | | | | | | |
| 2.5 | | | | | | |
| 2.6 | | | | | | |
| 2.7 | | | | | | |
| 2.8 | | | | | | |
| 2.9 | | | | | | |



COMENTARIO

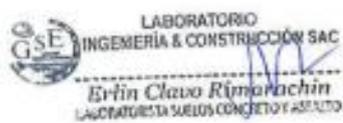
El ensayo DPL (DIN 4084), consiste en el flicado continuo en tramos de 10 cm, de una punta cónica de 90° y 1000 cm² de área transversal utilizando la energía de un martillo de 10 kg de peso, que cae libremente desde una altura de 50 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia del terreno o la penetración.

Para evaluar la capacidad de suelos Montmorillonite, la tabla adjunta de una lista de la interpretación directa de los valores M_{10} del DPL.

| Golpes M_{10} | Consistencia |
|-----------------|--------------|
| < 1 | mas suelta |
| < 7 | suelta |
| 7 - 65 | medio |
| > 65 | duro |

Para la clasificación en suelos cohesivos, no saturados y con índice de plasticidad variable, la tabla se extrae de la norma peruana DIN 4084

| Golpes M_{10} | Consistencia |
|-----------------|--------------|
| < 3 | may blanda |
| 3 - 6 | blanda |
| 7 - 12 | medio |
| 13 - 32 | rigido |
| 33 - 45 | mas rigido |
| > 45 | duro |



| | | |
|--|--|---|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS | |
| CALCULO DE LA CAPACIDAD ADHESIBLE ENSAYO ESTANDAR PARA LA AUSCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (DPL) | | |
| OBRA | INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYZOPOGON ZIZANOIDES) APLICADO AL CENTRO POSLADO AJPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA. | |
| TRAMO COORDENADAS LADO SEVEL SOLICITANTE ENSAYO N° | AJPAMPA LAJAS E.74°198 N. 9275043 DERECHO TALUD NATURAL GUAN CARLOS CHAVEZ DUEVARA 04 | REALIZADO POR: G.R.R. REVISADO POR: H.C.R. FECHA: 30/06/2022 |

ECUACION

Esquema básico para medir platos de densidad por Proctor, 1979

$$\sigma_{1c} = \frac{M^2 \cdot g \cdot H}{(M + M')^2 \cdot A \cdot e} \quad (8)$$

Para un DPL de dimensiones estándar:

$$\sigma_{1c} = (0.44 - 0.06 \cdot e - 0.003 \cdot e^2) N_{10} \quad (9)$$

Origen según Proctor de carga estándar, es:

$$\sigma_{1c} = \frac{Q}{A}$$

l₁ : longitud del conector y longitud de la punta
 M : masa del martillo (kg)
 H : altura de caída del martillo (cm)
 M' : masa de la vaina de penetración, el conector y la estiradora (kg)
 A : área de la sección transversal del conector (cm²)
 e : coeficiente de vacíos (e = V_v/V_s)
 N₁₀ : capacidad de penetración (UN₁₀)
 Q : magnitud de penetración y longitud de la punta
 σ_{1c} : capacidad admisible de carga

DATOS Y RESULTADOS

| | | | | |
|------|-------|--------------------------------|----------------------|-----|
| M = | 10 | kg | Suelo cohesivo (1) | |
| H = | 0.5 | m | Suelo incohesivo | 1 |
| M' = | 4 | kg | Suelo friccional (2) | |
| A = | 0.001 | m ² | | |
| g = | 9.81 | m/s ² | | |
| e = | 0.1 | m ³ /m ³ | | |
| | | | σ _{1c} = | 0.2 |
| | | | σ _{1c} = | 4.0 |

| Prof. (m) | N ₁₀ | Consistencia | N ₁₀ (g/seg ²) | q ₁₀ (kg/cm ²) | q ₁₀ (kg/cm ²) | q ₁₀ (kg/cm ²) |
|-----------|-----------------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 0.1 | 3 | Blanda | 7.47 | 29.87 | 16.52 | 0.87 |
| 0.2 | 4 | Blanda | 14.29 | 19.78 | 11.50 | 0.77 |
| 0.3 | 4 | Blanda | 14.29 | 16.76 | 16.80 | 0.77 |
| 0.4 | 3 | Blanda | 17.47 | 20.87 | 16.52 | 0.87 |
| 0.5 | 6 | Blanda | 21.44 | 26.89 | 23.26 | 1.18 |
| 0.6 | 6 | Blanda | 21.44 | 24.44 | 23.24 | 1.18 |
| 0.7 | 6 | Blanda | 21.44 | 25.85 | 23.26 | 1.18 |
| 0.8 | 7 | Medio | 26.02 | 28.22 | 27.12 | 1.36 |
| 0.9 | 7 | Medio | 26.02 | 29.22 | 27.12 | 1.36 |
| 1.0 | 7 | Medio | 26.02 | 29.22 | 27.12 | 1.36 |
| 1.1 | 8 | Medio | 26.59 | 30.39 | 30.66 | 1.50 |
| 1.2 | 8 | Medio | 26.59 | 31.29 | 30.66 | 1.50 |
| 1.3 | 8 | Medio | 26.59 | 31.29 | 30.66 | 1.50 |
| 1.4 | 8 | Medio | 32.50 | 37.57 | 34.67 | 1.74 |
| 1.5 | 8 | Medio | 32.50 | 31.57 | 34.67 | 1.74 |
| 1.6 | 8 | Medio | 32.50 | 37.57 | 34.67 | 1.74 |
| 1.7 | 8 | Medio | 32.50 | 37.57 | 34.67 | 1.74 |
| 1.8 | 10 | Medio | 36.78 | 41.74 | 38.79 | 1.94 |
| 1.9 | 11 | Medio | 39.21 | 45.93 | 41.81 | 2.13 |
| 2.0 | 20 | Rígida | 71.47 | 85.48 | 77.48 | 3.87 |
| 2.1 | 20 | Rígida | 87.50 | 79.21 | 73.45 | 3.68 |
| 2.2 | 28 | May Rígida | 123.64 | 121.86 | 112.20 | 4.82 |
| 2.3 | 32 | May Rígida | 114.30 | 135.58 | 123.97 | 5.28 |
| 2.4 | 33 | Dura | 179.66 | 266.72 | 183.79 | 9.38 |



CRITERIO:

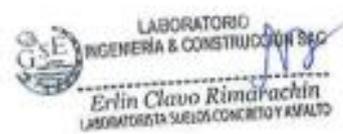
El ensayo DPL (DIN 4528), consiste en el tirado continuo en forma de 18 cm. de una punta cónica de 80° y 10cm² de una base conector utilizado la energía de un martillo de 10 kg de peso, que cae libremente desde una altura de 50 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia del terreno a la penetración.

Para evaluar la capacidad de suelos friccional, se hace ajuste de una línea de la interpretación directa de los valores N₁₀ del DPL:

| Valores N ₁₀ | Consistencia |
|-------------------------|--------------|
| < 5 | may blanda |
| < 7 | blanda |
| 7 - 15 | medio |
| > 15 | dura |

Para la clasificación de suelos cohesivos, no saturados y con índice de plasticidad medio, se hace se extrae de la norma ASTM D2938:

| Valores N ₁₀ | Consistencia |
|-------------------------|--------------|
| < 5 | may blanda |
| 5 - 10 | blanda |
| 10 - 25 | medio |
| 25 - 45 | may rígida |
| > 45 | dura |



| | |
|---|---|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS |
| CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE | |
| ENSAYO ESTANDAR PARA LA AUSCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (DPL) | |
| OBJETO : INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRIZOPOGON ZIZANOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA. | |
| TRAMO : AJPAMPA LAJAS COORDENADAS : E. 747206 N. 9075252 LADO : EJE NIVEL : TALUD NATURAL SOLICITANTE : GIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA ENSAYO N° : 02 | REALIZADO POR : G.R.R. REVISADO POR : H.C.R. FECHA : 30/06/2022 |

Ecuación básica para el coeficiente de deflexión por vibración, f_{dv}

$$f_{dv} = \frac{M^2 \cdot g \cdot H}{(2M + M^2) \cdot A \cdot e} \quad 96$$

Para un DPL de dimensiones estándar:

$$f_{dv} = (0.44 - 0.003 \cdot z - 0.003 \cdot z^2) N_{10} \quad 96$$

Según Jairo Fay, donde la carga admisible es:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{20}$$

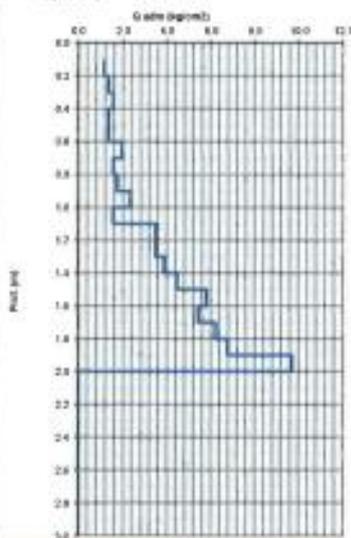
- f_{dv} : resistencia dinámica de punta (Tc)
- M : masa del martillo (kg)
- H : altura de caída del martillo (m)
- M' : masa de la cabeza de penetración, el anillo y la columna por (kg)
- A : área de la sección transversal del cono (m²)
- e : extensión de la gravedad (m/s²)
- z : promedio de penetración (0.18m)
- z : longitud de penetración y longitud de la punta

f_{adm} : capacidad admisible de carga

DATOS Y RESULTADOS

| | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| $M = 13$ kg | $H = 0.5$ m | $M' = 4$ kg | $A = 3.201$ m ² | $e = 9.81$ m/s ² | $z = 0.18$ m |
| $f_{dv} = 0.12$ kg/cm ² | $f_{dv} = 1.17$ kg/cm ² | $f_{dv} = 0.12$ kg/cm ² |

| Prof (m) | N_{10} | Consistencia | q_{10} (kg/cm ²) |
|----------|----------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0.1 | 8 | Medio | 21.44 | 25.92 | 25.92 | 1.18 |
| 0.2 | 8 | Medio | 21.44 | 30.00 | 30.24 | 1.18 |
| 0.3 | 7 | Medio | 20.62 | 29.22 | 27.12 | 1.06 |
| 0.4 | 8 | Medio | 28.20 | 33.30 | 30.80 | 1.33 |
| 0.5 | 7 | Medio | 20.62 | 29.22 | 27.12 | 1.06 |
| 0.6 | 7 | Medio | 20.62 | 29.22 | 27.12 | 1.06 |
| 0.7 | 16 | Medio | 26.74 | 41.74 | 38.74 | 1.66 |
| 0.8 | 8 | Medio | 28.20 | 33.30 | 30.80 | 1.33 |
| 0.9 | 8 | Medio | 32.95 | 37.57 | 34.87 | 1.49 |
| 1.0 | 12 | Medio | 47.88 | 60.08 | 48.48 | 2.02 |
| 1.1 | 8 | Medio | 29.36 | 33.30 | 30.80 | 1.33 |
| 1.2 | 19 | Rígido | 64.21 | 79.14 | 69.72 | 2.93 |
| 1.3 | 19 | Rígido | 64.21 | 79.14 | 69.72 | 2.93 |
| 1.4 | 20 | Rígido | 71.47 | 83.49 | 77.48 | 3.27 |
| 1.5 | 20 | May Rígido | 82.38 | 98.01 | 88.18 | 3.80 |
| 1.6 | 20 | May Rígido | 107.21 | 125.23 | 115.22 | 5.01 |
| 1.7 | 28 | May Rígido | 130.88 | 158.88 | 148.47 | 6.42 |
| 1.8 | 32 | May Rígido | 114.36 | 132.58 | 122.57 | 5.20 |
| 1.9 | 38 | May Rígido | 125.08 | 148.19 | 138.00 | 5.93 |
| 2.0 | 50 | Duro | 178.88 | 206.72 | 192.70 | 8.05 |



COMENTARIOS

El ensayo DPL (DIN 4094), consiste en introducir un cono de 13 cm de área punta sobre de M' y H (kg) de una intensidad adherida a la regla de un martillo de 10 kg de peso, que cae libremente desde una altura de 50 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia de terreno a la penetración.

Para evaluar la capacidad de punta fluctuantes, se toma el valor de una regla de la integración desde de los valores N_{10} del DPL.

| Valores N_{10} | Consistencia |
|------------------|--------------|
| < 7 | Muy Suave |
| < 7 | Suave |
| 7 - 10 | Medio |
| > 10 | Duro |

Para la clasificación en suelos cohesivos, se utilizan los valores de plasticidad obtenidos, se toma el valor de la norma alemana DIN 4094.

| Valores N_{10} | Consistencia |
|------------------|--------------|
| < 5 | Muy Suave |
| 5 - 8 | Suave |
| 8 - 12 | Medio |
| 12 - 22 | Rígido |
| 22 - 45 | Muy Rígido |
| > 45 | Duro |



| | | | |
|--|---|---|--|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS | | |
| CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE ENSAYO ESTANDAR PARA LA AUSCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (DPL) | | | |
| OBRA | INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYSOPOGON ZIZANOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA. | | |
| TRAMO COORDENADAS LADO MATERIAL SOLICITANTE ENSAYO N° | A.J.PAMPA LAJAS E: 747214 N: 8275360 SOLO/ERUDO TALUD NATURAL GILIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA 02 | REALIZADO POR REVISADO POR FECHA | G.R.R H.C.R 30/09/2022 |
| ESPECIFICACION | | | |

Es decir: fórmula para tener el valor derivado por Odomet, 95%

$$T_{95} = \frac{2M^2 \cdot g \cdot H}{(2M^2 + M^2) \cdot A \cdot v} \quad \text{SI}$$

Para el DPL de dimensiones estándar:

$$v_{95} = 1,0 \cdot 9,8 - 0,001 \cdot \beta - 0,0001 \cdot \beta^2 \cdot N_{95} \quad \text{SI}$$

Según norma NTP 800000 según editado, etc.

$$v_{95} = \frac{T_{95}}{2,0}$$

- T_{95} resistencia dinámica de campo (Pa)
- M masa del martillo (kg)
- H altura de caída del martillo (m)
- A masa de la viga de penetración, el yunque y la sonda (kg)
- v velocidad de la sonda (transversal del cono) (m/s)
- β coeficiente de la sonda (cm²)
- α coeficiente de penetración (0.15m)
- N_{95} longitud de penetración (profundidad de la punta)

v_{95} velocidad admisible de carga

DATOS Y RESULTADOS

| | | | | |
|---------------------|---------------------|----------------|--------------------------------|--------------------|
| $M =$ 12 kg | $H =$ 8,5 m | $A =$ 8,001 kg | $\beta =$ 8,81 cm ² | $\alpha =$ 8,1 m/s |
| $v_{95} =$ 2,27 m/s | $v_{95} =$ 4,57 m/s | | | |

| Prof. (m) | N_{95} | Condición | N_{95} (log/cm ²) |
|-----------|----------|------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 0,1 | 8 | Durol | 21,44 | 20,00 | 23,24 | 1,98 |
| 0,2 | 5 | Durol | 17,87 | 20,87 | 19,37 | 0,87 |
| 0,3 | 10 | Medio | 26,74 | 41,74 | 35,74 | 1,94 |
| 0,4 | 17 | Medio | 40,86 | 38,00 | 46,68 | 2,32 |
| 0,5 | 10 | Medio | 26,74 | 41,74 | 35,74 | 1,94 |
| 0,6 | 11 | Medio | 28,21 | 45,82 | 42,91 | 2,10 |
| 0,7 | 8 | Medio | 21,44 | 33,39 | 33,98 | 1,58 |
| 0,8 | 5 | Durol | 17,87 | 28,87 | 19,37 | 0,87 |
| 0,9 | 5 | Durol | 17,87 | 28,87 | 19,37 | 0,87 |
| 1,0 | 8 | Durol | 21,44 | 28,08 | 23,24 | 1,98 |
| 1,1 | 7 | Medio | 20,80 | 28,23 | 27,72 | 1,92 |
| 1,2 | 8 | Medio | 21,44 | 37,87 | 34,87 | 1,74 |
| 1,3 | 13 | Rigido | 46,46 | 54,27 | 50,38 | 2,52 |
| 1,4 | 18 | Rigido | 50,80 | 62,63 | 58,71 | 2,91 |
| 1,5 | 17 | Rigido | 48,79 | 73,86 | 63,86 | 3,28 |
| 1,6 | 14 | Rigido | 50,83 | 58,41 | 54,24 | 2,71 |
| 1,7 | 18 | Rigido | 67,88 | 78,21 | 71,81 | 3,68 |
| 1,8 | 21 | Rigido | 75,88 | 87,86 | 81,26 | 4,07 |
| 1,9 | 42 | Muy Rigido | 158,89 | 179,32 | 182,71 | 8,14 |
| 2,0 | 58 | Duro | 179,84 | 208,72 | 185,78 | 9,88 |



COMENTARIOS

El ensayo DPL DSI 4094 consiste en el método-código estándar de 10 cm de una punta cilíndrica de 30° y 15mm² de área transversal utilizando la energía de un martillo de 12 kg de peso, que cae libremente desde una altura de 8,5 m. Este ensayo con puntas obtiene un registro continuo de resistencia del terreno a la penetración.

Para evaluar la capacidad de suelo friccional, la tabla adjunta de una lista de la interpretación directa de los valores N_{95} del DPL:

| Valores N_{95} | Condición |
|------------------|-------------|
| < 11 | mejor suelo |
| 12 - 17 | bueno |
| 18 - 40 | medio |
| > 40 | duro |

Para la clasificación en suelos cohesionados, no saturados y con índice de plasticidad media, la tabla se adjunta de la norma alemana DIN 4094:

| Valores N_{95} | Condición |
|------------------|------------|
| < 5 | Muy Duro |
| 5 - 8 | Duro |
| 9 - 12 | Medio |
| 13 - 22 | Rigido |
| 23 - 45 | Muy Rigido |
| > 45 | Duro |



| | |
|--|---|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS |
| CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE ENSAYO ESTANDAR PARA LA AUSCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (DPL) | |
| OBJETO : INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYZOPOGON ZIZANIODES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPIRAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA. | |
| TRAMO : AJIPIRAMPA LAJAS COORDENADAS : E. 747217 N. 9275271 LADO : DERECHO NIVEL : TALUD NATURAL SOLICITANTE : OSAN CARLOS CHAVEZ CUEVARRA ENSAYO N° : 01 | REALIZADO POR : G.R.R REVISADO POR : H.C.R FECHA : 30/09/2022 |

EQUACIONES

Ecuación para fines plásticos derivada por Bobbey, 1974

$$r_{pl} = \frac{M^2 \cdot g \cdot H}{(M^2 + M^3) \cdot A \cdot g} \quad (R)$$

Para un DPL de dimensiones estándar:

$$r_{pl} = (0.144 - 0.006 \cdot x - 0.003 \cdot x^2) \cdot 3N_{60} \quad (B)$$

Según Jairo Puy (hasta la usage admisible en)

$$r_{adm} = \frac{r_{pl}}{20}$$

r_{pl} : resistencia plástica de punta (Pa)

M : masa del martillo (kg)

H : altura de caída del martillo (m)

M' : masa de la punta de penetración, el yunque y la extensión para el DPL

A : área de la sección transversal del cono (m²)

g : aceleración de la gravedad (m/s²)

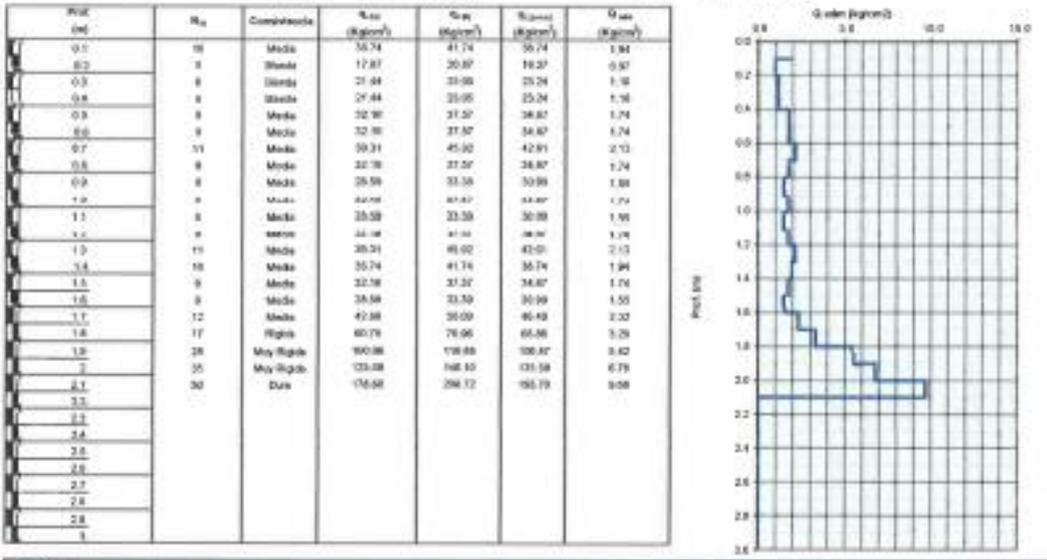
x : promedio de penetración (L/A) (m)

r_{adm} : longitud de penetración y rigidez de la punta

r_{adm} : capacidad admisible de carga

DAOS Y RESULTADOS

| | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| M = 10 kg | Suelo cohesionado (1) |
| H = 2.0 m | Suelo no cohesionado (2) |
| M' = 8 kg | |
| A = 0.001 m ² | |
| g = 9.81 m/s ² | |
| x = 4.1 mm | |
| $r_{pl} = 3.57 \text{ kgf/cm}^2$ | $r_{adm} = 0.177 \text{ kgf/cm}^2$ |



COMENTARIO

El ensayo DPL (Código 4054), consiste en el trazado continuo de líneas de 10 cm de una punta cónica de 90° y 10 cm² de área transversal utilizando la energía de su caída de 10 kg de peso, con una frecuencia desde una altura de 20 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia del terreno a la penetración.

Para evaluar la capacidad de suelos cohesionados, se debe de considerar el efecto de los valores (N₆₀) del DPL:

| Código N ₆₀ | Condición |
|------------------------|------------|
| <5 | Muy blando |
| 5-10 | Blando |
| 10-30 | Medio |
| >30 | Duro |

Para la realización en suelos cohesionados, no saturados y con índice de plasticidad medio, se debe de utilizar la norma técnica 200 4054.

| | |
|--|---|
|  <p>LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC <i>Erlin Clavo Rimarachin</i> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO</p> |  <p>LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC <i>Geremias Rimarachin Rimarachin</i> INGENIERO CIVIL Rg. CIP 207671</p> |
|--|---|

Anexo N° 04: Ensayos de laboratorio



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

CALICATA N° 01 (ENSAYO DE CLASIFICACION)

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID CD. RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

| | |
|--|--|
|  | LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS |
| TESIS: "INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA". | |

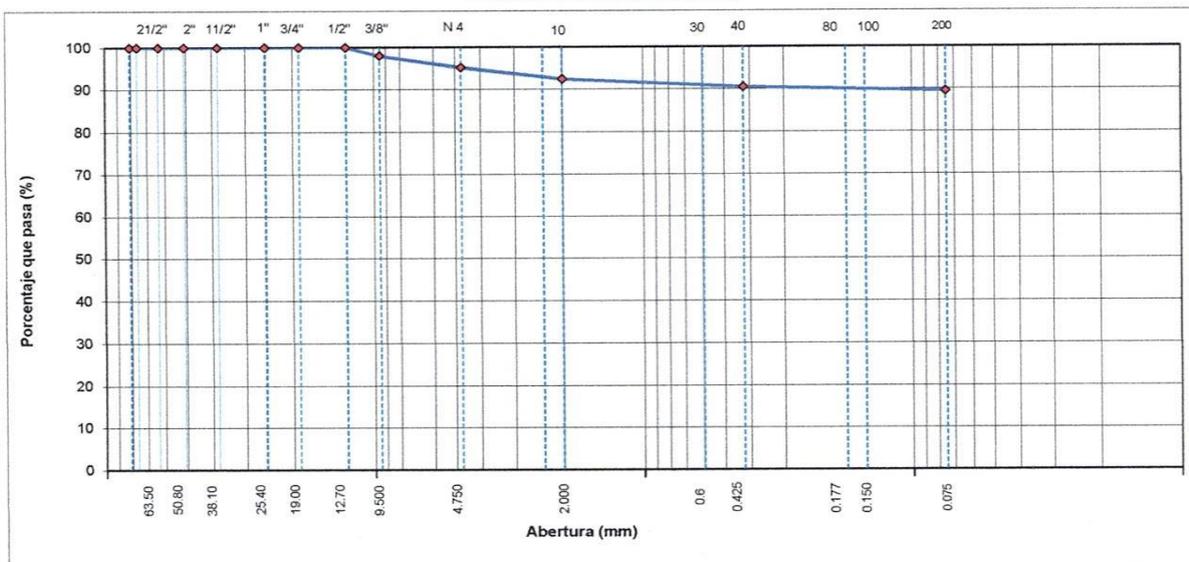
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA MTC E 107, ASTM D422, AASTHO T88)

| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | |
|--|----------------------------|--------------|------------|
| UBICACIÓN : | CENTRO POBLADO AJIPAMPA | HECHO POR : | G.R.R |
| SOLICITANTE : | GIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA | ING. RESP. : | H.C.R |
| ESTRATO : | (0.00 - 3.00 m) | FECHA : | 11/05/2022 |

| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| MATERIAL : | EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA | PESO INICIAL : | 650.0 g |
| CALICATA : | C-1 | FRACCION SECA : | 650.0 g |
| MUESTRA : | M - 1 | PROFUND. (M.) : | (0.00 - 3.00 m) |
| COORDENADAS : | E:747206 N:9275259 | | |

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIONES | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------|-----------------------------------|
| 3 1/2" | 80.89 | | | | | A | |
| 3" | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | %Peso Material >4: 4.8% |
| 2" | 50.800 | | | | | | % Peso Material <4 95.2% |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | Límite Líquido (LL) : 53.5 |
| 1" | 25.400 | | | | | | Límite Plástico (LP) : 28.2 |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | Índice Plástico (IP) : 25.3 |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | | Clasificación(SUCS) : CH |
| 3/8" | 9.500 | 13.0 | 2.0 | 2.0 | 98.0 | | Clasific. (AASHTO) : A-7-6 (17) |
| Nº 4 | 4.750 | 18.0 | 2.8 | 4.8 | 95.2 | | |
| Nº 8 | 2.360 | | | | | | |
| Nº 10 | 2.000 | 19.0 | 2.8 | 7.6 | 92.4 | | Contenido de Humedad (%) : 22.05 |
| Nº 16 | 1.190 | | | | | | Materia Orgánica : |
| Nº 20 | 0.840 | | | | | | Índice de Consistencia : |
| Nº 30 | 0.600 | | | | | | Índice de Liquidez : |
| Nº 40 | 0.425 | 13.00 | 1.9 | 9.5 | 90.5 | | Descripción del (IC) : |
| Nº 50 | 0.300 | | | | | | |
| Nº 80 | 0.177 | | | | | | |
| Nº 100 | 0.150 | 4.00 | 0.6 | 10.0 | 90.0 | | OBSERVACIONES : |
| Nº 200 | 0.075 | 3.00 | 0.4 | 10.5 | 89.5 | | |
| < Nº 200 | FONDO | 611.00 | 89.5 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Clavo Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267

| | |
|---|--|
|  | LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS |
| | TESIS: "INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA". |

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

(NORMA MTC E 108, ASTM D 2216)

| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | |
|--|------------------------------|------------|--------------|
| UBICACIÓN | CENTRO POBLADO AJIPAMPA | HECHO POR | : G.R.R |
| SOLICITANTE | : GIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA | ING. RESP. | : H.C.R |
| ESTRATO | (0.00 - 3.00 m) | FECHA | : 11-may.-22 |

| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|-------------------|
| MATERIAL | : EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA | CALICATA | : C-1 |
| CALICATA | : C-1 | MUESTRA | : M-1 |
| COORDENADAS | : E:747206 N:9275259 | PROF. (M.) | : (0.00 - 3.00 m) |

| MUESTRA | 1 | | | |
|---------------------------------|--------|--|--|--|
| SUELO HUMEDO + CAPSULA | 1500.0 | | | |
| PESO SUELO SECO + CAPSULA (gr.) | 1229.0 | | | |
| PESO DE CAPSULA (gr.) | 0.0 | | | |
| PESO DEL AGUA | 271.0 | | | |
| PESO DE SUELO SECO | 1229.0 | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD % | 22.05 | | | |

PROMEDIO % DE HUMEDAD : 22.1

Observaciones: -


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Clavo Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267

| | |
|---|--|
|  | LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS |
| | TESIS: "INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA". |

LIMITES DE CONSISTENCIA

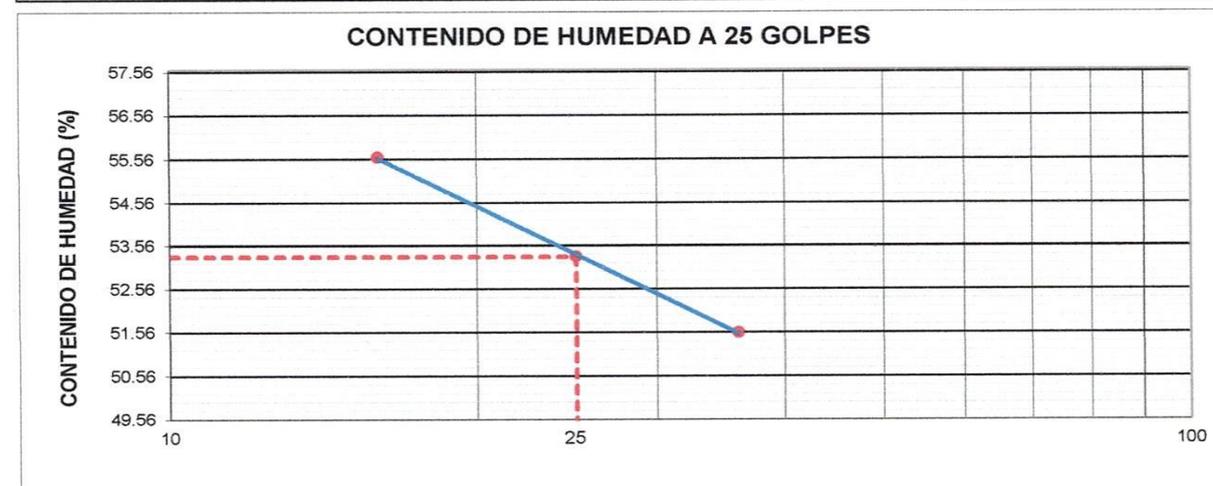
(NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

| | | | |
|--|----------------------------|-------------------|--------------|
| LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | |
| UBICACIÓN | CENTRO POBLADO AJIPAMPA | HECHO POR | : G.R.R |
| SOLICITANTE | GIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA | ING. RESP. | : H.C.R |
| ESTRATO | (0.00 - 3.00 m) | FECHA | : 11-may.-22 |

| | | | |
|----------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| MATERIAL | : EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA | CALICATA | : C-1 |
| CALICATA | : C-1 | MUESTRA | : M-1 |
| COORDENADAS | : E:747206 N:9275259 | PROFUNDIDAD | : (0.00 - 3.00 m) |

| LIMITE LIQUIDO | | | | |
|---------------------------|-----|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 1 | 2 | 3 |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 60.00 | 60.00 | 60.50 |
| PESO TARRO + SUELO SECO | (g) | 47.25 | 47.52 | 47.36 |
| PESO DE AGUA | (g) | 12.75 | 12.48 | 13.14 |
| PESO DEL TARRO | (g) | 22.52 | 22.32 | 22.52 |
| PESO DEL SUELO SECO | (g) | 24.73 | 23.41 | 23.63 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (%) | 51.56 | 53.31 | 55.61 |
| NUMERO DE GOLPES | | 36 | 25 | 16 |
| | | | | |
| | | | | 53.49 |
| | | | | 25.67 |

| LIMITE PLASTICO | | | | |
|---------------------------|-----|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 4 | 5 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 25.70 | 25.50 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO | (g) | 23.62 | 23.52 | |
| PESO DE AGUA | (g) | 2.08 | 1.98 | |
| PESO DEL TARRO | (g) | 16.20 | 16.52 | |
| PESO DEL SUELO SECO | (g) | 7.42 | 7.00 | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD | (%) | 28.03 | 28.29 | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LIMITE LIQUIDO | 53.5 |
| LIMITE PLASTICO | 28.2 |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 25.3 |

Observaciones:


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 77267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

CALICATA N° 02 (ENSAYO DE CLASIFICACION)

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlyn Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID ZLAZO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

| | |
|--|--|
|  | LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS |
| TESIS: "INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYZOPOGON ZIZANIOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA". | |

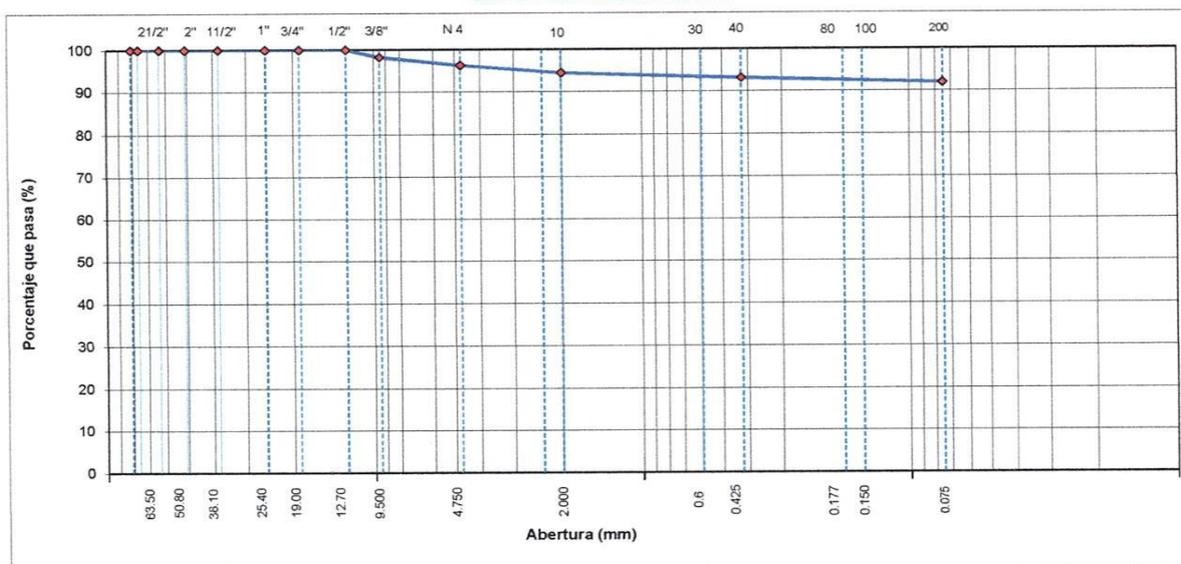
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA MTC E 107, ASTM D422, AASTHO T88)

| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | |
|--|----------------------------|--------------|------------|
| UBICACIÓN : | CENTRO POBLADO AJIPAMPA | HECHO POR : | G.R.R |
| SOLICITANTE : | GIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA | ING. RESP. : | H.C.R |
| ESTRATO : | (0.00 - 3.00 m) | FECHA : | 11/05/2022 |

| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| MATERIAL : | EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA | PESO INICIAL : | 700.0 g |
| CALICATA : | C-2 | FRACCION SECA : | 700.0 g |
| MUESTRA : | M - 1 | PROFUND. (M.) : | (0.00 - 3.00 m) |
| COORDENADAS : | E:747203 N:9275252 | | |

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIONES | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------|----------------------------------|
| 3 1/2" | 80.89 | | | | | A | |
| 3" | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | %Peso Material >4: 3.7% |
| 2" | 50.800 | | | | | | % Peso Material <4 96.3% |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | Limite Líquido (LL) : 55.5 |
| 1" | 25.400 | | | | | | Limite Plástico (LP) : 28.3 |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | Indice Plástico (IP) : 27.2 |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | | Clasificación(SUCS) : CH |
| 3/8" | 9.500 | 12.0 | 1.7 | 1.7 | 98.3 | | Clasific.(AASHTO) : A-7-6 (18) |
| Nº 4 | 4.750 | 14.0 | 2.0 | 3.7 | 96.3 | | |
| Nº 8 | 2.360 | | | | | | |
| Nº 10 | 2.000 | 13.0 | 1.8 | 5.5 | 94.5 | | Contenido de Humedad (%) : 23.55 |
| Nº 16 | 1.190 | | | | | | Materia Orgánica : |
| Nº 20 | 0.840 | | | | | | Indice de Consistencia : |
| Nº 30 | 0.600 | | | | | | Indice de Liquidez : |
| Nº 40 | 0.425 | 10.00 | 1.4 | 6.9 | 93.1 | | Descripción del (IC) : |
| Nº 50 | 0.300 | | | | | | |
| Nº 80 | 0.177 | | | | | | |
| Nº 100 | 0.150 | 5.00 | 0.7 | 7.6 | 92.4 | | OBSERVACIONES : |
| Nº 200 | 0.075 | 3.00 | 0.4 | 8.0 | 92.0 | | |
| < Nº 200 | FONDO | 669.00 | 92.0 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Ertin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 77267



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA".

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

(NORMA MTC E 108, ASTM D 2216)

| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | |
|--|------------------------------|------------|--------------|
| UBICACIÓN | CENTRO POBLADO AJIPAMPA | HECHO POR | : G.R.R |
| SOLICITANTE | : GIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA | ING. RESP. | : H.C.R |
| ESTRATO | (0.00 - 3.00 m) | FECHA | : 11-may.-22 |

| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|-------------------|
| MATERIAL | : EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA | CALICATA | : C-2 |
| CALICATA | : C-2 | MUESTRA | : M-1 |
| COORDENADAS | : E:747203 N:9275252 | PROF. (M.) | : (0.00 - 3.00 m) |

| MUESTRA | 1 | | | |
|---------------------------------|--------|--|--|--|
| SUELO HUMEDO + CAPSULA | 1600.0 | | | |
| PESO SUELO SECO + CAPSULA (gr.) | 1295.0 | | | |
| PESO DE CAPSULA (gr.) | 0.0 | | | |
| PESO DEL AGUA | 305.0 | | | |
| PESO DE SUELO SECO | 1295.0 | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD % | 23.55 | | | |

PROMEDIO % DE HUMEDAD : 23.6

Observaciones: -

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77267

| | |
|---|--|
|  | LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS |
| | TESIS: "INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYZOPOGON ZIZANIOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS-CHOTA". |

LIMITES DE CONSISTENCIA

(NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

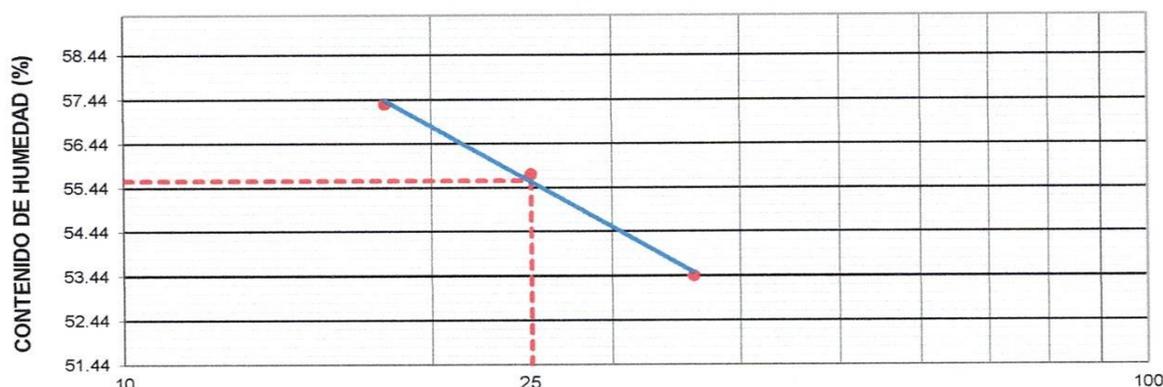
| LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | |
|---|----------------------------|------------|--------------|
| UBICACIÓN | CENTRO POBLADO AJIPAMPA | HECHO POR | : G.R.R |
| SOLICITANTE | GIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA | ING. RESP. | : H.C.R |
| ESTRATO | (0.00 - 3.00 m) | FECHA | : 11-may.-22 |

| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
|---------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------|
| MATERIAL | : EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA | CALICATA | : C-2 |
| CALICATA | : C-2 | MUESTRA | : M-1 |
| COORDENADAS | : E:747203 N:9275252 | PROFUNDIDAD | : (0.00 - 3.00 m) |

| LIMITE LIQUIDO | | | | | |
|---------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 6 | 7 | 8 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 59.00 | 59.40 | 59.80 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO | (g) | 46.20 | 46.35 | 46.25 | |
| PESO DE AGUA | (g) | 12.80 | 13.05 | 13.55 | |
| PESO DEL TARRO | (g) | 22.25 | 22.53 | 22.36 | |
| PESO DEL SUELO SECO | (g) | 23.95 | 23.41 | 23.63 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (%) | 53.44 | 55.75 | 57.34 | 55.51 |
| NUMERO DE GOLPES | | 36 | 25 | 18 | 26.33 |

| LIMITE PLASTICO | | | | | |
|---------------------------|-----|-------|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 9 | 10 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 25.15 | 25.70 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO | (g) | 23.25 | 23.63 | | |
| PESO DE AGUA | (g) | 1.90 | 2.07 | | |
| PESO DEL TARRO | (g) | 16.52 | 16.32 | | |
| PESO DEL SUELO SECO | (g) | 6.73 | 7.31 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD | (%) | 28.23 | 28.32 | | |

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LIMITE LIQUIDO | 55.5 |
| LIMITE PLASTICO | 28.3 |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 27.2 |

Observaciones:


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

CALICATA N° 03 (ENSAYO DE CLASIFICACION)

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

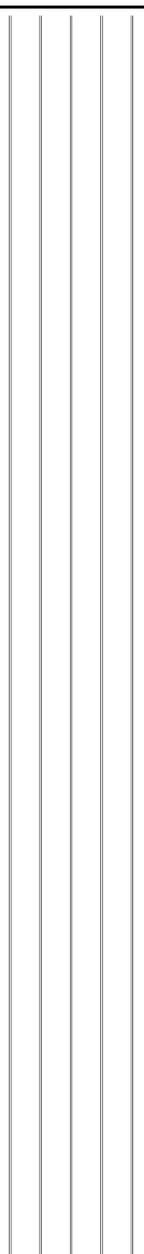
LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA

| | |
|--------------------------|---|
| PROYECTO | : "INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYZOPOGON ZIZANIOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA" |
| UBICACIÓN | : CENTRO POBLADO AJIPAMPA |
| TIPO DE EXPLORACION | : CALICATA |
| Nº DE EXPLORACION | : C-03 |
| NIVEL FREATICO (m) | : 3.00 |
| PROF. DE EXPLORACION (m) | : 3.00 |
| COORDENADAS UTM | : - |
| FECHA DE EXCAVACIÓN | : 11/06/2022 |

| PROF(m) | G R A F I C O | DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA Clasificación técnica; grado de compacidad / consistencia; índice de plasticidad / compresibilidad; contenido de humedad y color. Otros: forma del material granular, presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleas / cantos, etc. | S U C S | GRANULOMETRIA (%) | | LIMITES DE CONSISTENCIA | | | CONT. HUM, W(%) | Nº DE MUESTRA |
|------------|--|--|------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------|-------|-----------------------|------------------|
| | | | | % Peso Material > 4 | % Peso Material < 4 | LL | LP | IP | | |
| 0.00 | | | | | | | | | | |
| 0.20 |  | Material organico de color amrron oscuro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3.00 -M-01 |  | Profundidad de 0.20 - 3.00m. Estrato clasificado en el sistema "SUCS", como un suelo "MH", Limos inorganicos de alta plasticidad, identificado en el sistema "AASHTO", como A-7-6 (16), de color marron oscuro, con alto contenido de humedad y alto porcentaje de plasticidad | MH | 5.0% | 95.0% | 52.6% | 29.5% | 23.1% | 21.8% | M-01 |

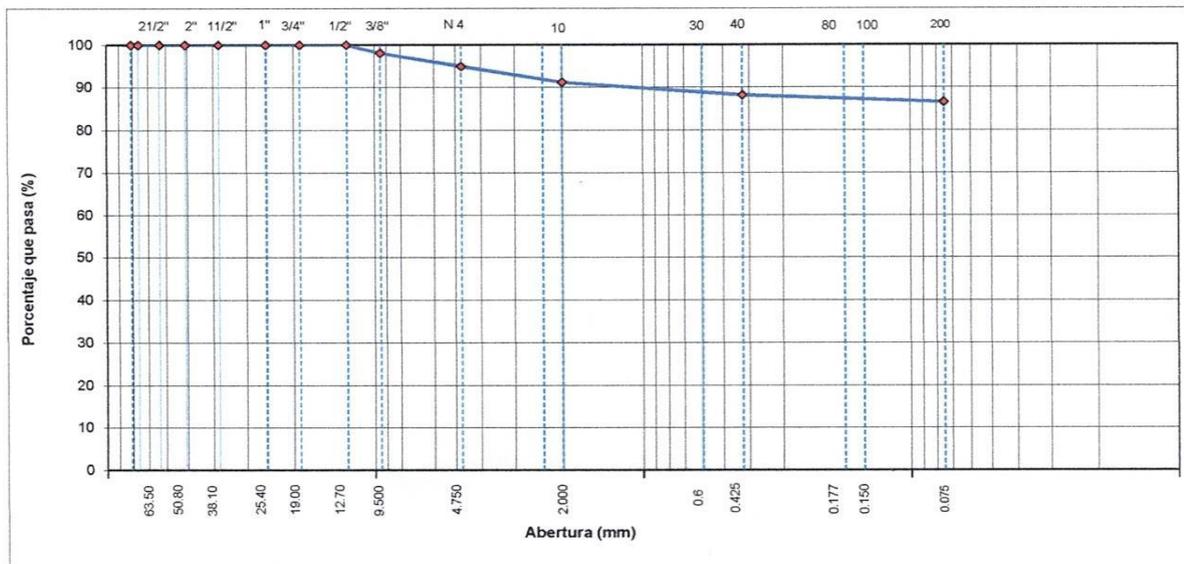
| | |
|---|--|
|  | LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS |
| TESIS: "INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYZOPOGON ZIZANOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS – CHOTA". | |

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA MTC E 107, ASTM D422, AASTHO T88)

| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| UBICACIÓN : | CENTRO POBLADO AJIPAMPA | HECHO POR : | G.R.R |
| SOLICITANTE : | GIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA | ING. RESP. : | H.C.R |
| ESTRATO : | (0.00 - 3.00 m) | FECHA : | 12/05/2022 |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| MATERIAL : | EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA | | |
| CALICATA : | C-3 | PESO INICIAL : | 800.0 g |
| MUESTRA : | M - 1 | FRACCION SECA : | 800.0 g |
| COORDENADAS : | E:747208 N:9275252 | PROFUND. (M.) : | (0.00 - 3.00 m) |

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIONES | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------|----------------------------------|
| 3 1/2" | 80.89 | | | | | A | |
| 3" | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | %Peso Material >4: 5.0% |
| 2" | 50.800 | | | | | | % Peso Material <4 95.0% |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | Límite Líquido (LL) : 52.6 |
| 1" | 25.400 | | | | | | Límite Plástico (LP) : 29.5 |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | Índice Plástico (IP) : 23.1 |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | | Clasificación(SUCS) : MH |
| 3/8" | 9.500 | 15.0 | 1.9 | 1.9 | 98.1 | | Clasific.(AASHTO) : A-7-6 (16) |
| Nº 4 | 4.750 | 25.0 | 3.1 | 5.0 | 95.0 | | |
| Nº 8 | 2.360 | | | | | | |
| Nº 10 | 2.000 | 32.0 | 3.8 | 8.8 | 91.2 | | Contenido de Humedad (%) : 21.83 |
| Nº 16 | 1.190 | | | | | | Materia Orgánica : |
| Nº 20 | 0.840 | | | | | | Índice de Consistencia : |
| Nº 30 | 0.600 | | | | | | Índice de Líquidez : |
| Nº 40 | 0.425 | 25.00 | 3.0 | 11.8 | 88.2 | | Descripción del (IC) : |
| Nº 50 | 0.300 | | | | | | |
| Nº 80 | 0.177 | | | | | | |
| Nº 100 | 0.150 | 6.00 | 0.7 | 12.5 | 87.5 | | OBSERVACIONES : |
| Nº 200 | 0.075 | 8.00 | 1.0 | 13.4 | 86.6 | | |
| < Nº 200 | FONDO | 729.00 | 86.6 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA".

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

(NORMA MTC E 108, ASTM D 2216)

| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | |
|--|------------------------------|------------|--------------|
| UBICACIÓN | CENTRO POBLADO AJIPAMPA | HECHO POR | : G.R.R |
| SOLICITANTE | : GIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA | ING. RESP. | : H.C.R |
| ESTRATO | (0.00 - 3.00 m) | FECHA | : 12-may.-22 |

| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|-------------------|
| MATERIAL | : EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA | CALICATA | : C-3 |
| CALICATA | : C-3 | MUESTRA | : M-1 |
| COORDENADAS | : E:747208 N:9275252 | PROF. (M.) | : (0.00 - 3.00 m) |

| MUESTRA | 1 | | | |
|---------------------------------|--------|--|--|--|
| SUELO HUMEDO + CAPSULA | 1200.0 | | | |
| PESO SUELO SECO + CAPSULA (gr.) | 985.0 | | | |
| PESO DE CAPSULA (gr.) | 0.0 | | | |
| PESO DEL AGUA | 215.0 | | | |
| PESO DE SUELO SECO | 985.0 | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD % | 21.83 | | | |

PROMEDIO % DE HUMEDAD : 21.8

Observaciones: -

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Clavo Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77267

| | |
|---|--|
|  | LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS |
| | TESIS: "INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA". |

LIMITES DE CONSISTENCIA

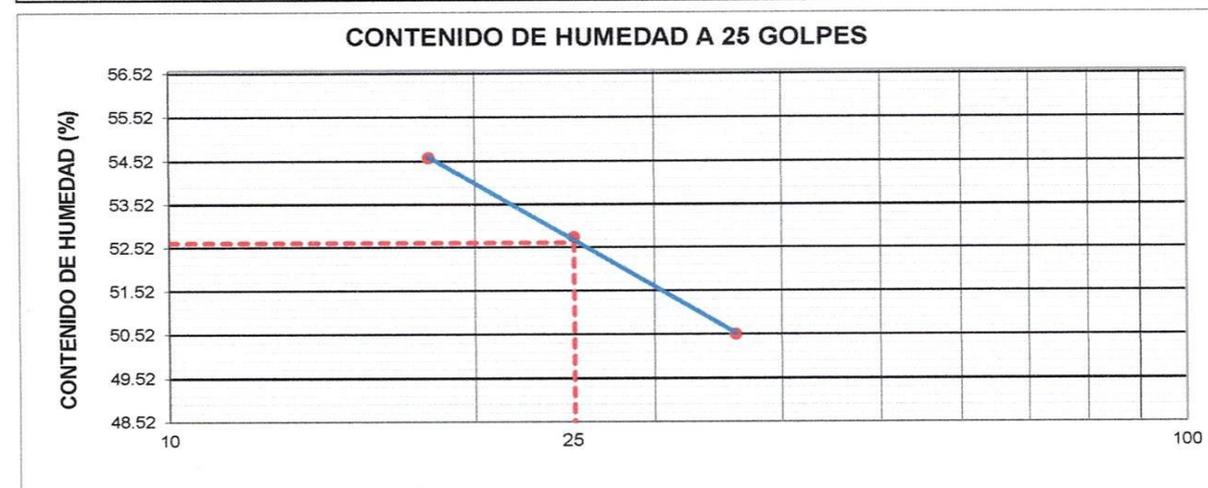
(NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

| LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | |
|---|----------------------------|------------|--------------|
| UBICACIÓN | CENTRO POBLADO AJIPAMPA | HECHO POR | : G.R.R |
| SOLICITANTE | GIAN CARLOS CHAVEZ GUEVARA | ING. RESP. | : H.C.R |
| ESTRATO | (0.00 - 3.00 m) | FECHA | : 12-may.-22 |

| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
|---------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------|
| MATERIAL | : EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA | CALICATA | : C-3 |
| CALICATA | : C-3 | MUESTRA | : M-1 |
| COORDENADAS | : E:747208 N:9275252 | PROFUNDIDAD | : (0.00 - 3.00 m) |

| LIMITE LIQUIDO | | | | | |
|---------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 11 | 12 | 13 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 58.00 | 59.20 | 59.00 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO | (g) | 46.32 | 46.85 | 46.10 | |
| PESO DE AGUA | (g) | 11.68 | 12.35 | 12.90 | |
| PESO DEL TARRO | (g) | 23.20 | 22.30 | 22.10 | |
| PESO DEL SUELO SECO | (g) | 23.12 | 23.41 | 23.63 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (%) | 50.52 | 52.76 | 54.59 | 52.62 |
| NUMERO DE GOLPES | | 36 | 25 | 18 | 26.33 |

| LIMITE PLASTICO | | | | | |
|---------------------------|-----|-------|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 14 | 15 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 25.80 | 25.60 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO | (g) | 23.62 | 23.52 | | |
| PESO DE AGUA | (g) | 2.18 | 2.08 | | |
| PESO DEL TARRO | (g) | 16.20 | 16.52 | | |
| PESO DEL SUELO SECO | (g) | 7.42 | 7.00 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD | (%) | 29.38 | 29.71 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LIMITE LIQUIDO | 52.6 |
| LIMITE PLASTICO | 29.5 |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 23.1 |

Observaciones:
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

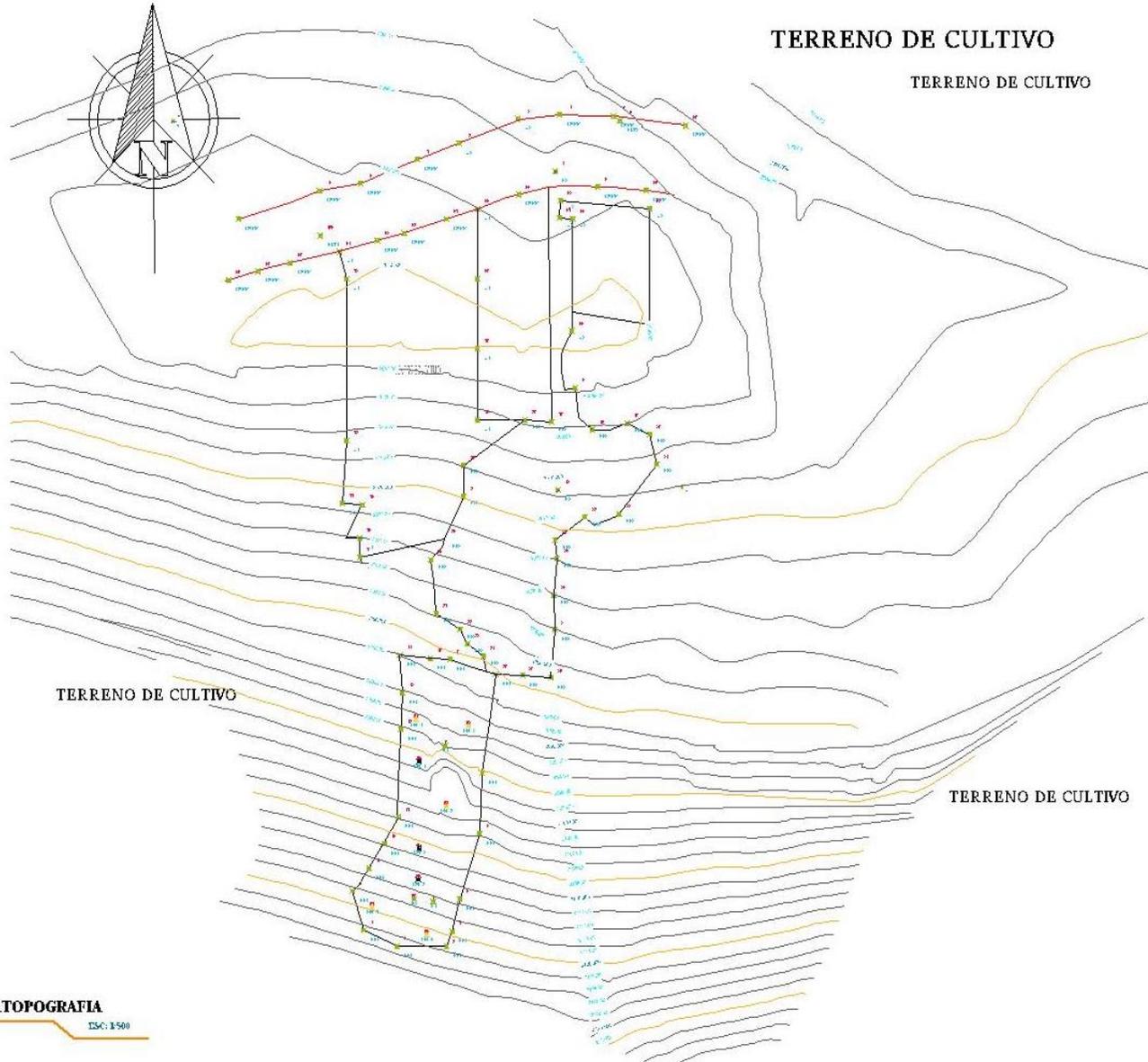
LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 C.F. ENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267

Anexo N° 05: Planos de levantamiento topográfico

TERRENO DE CULTIVO

TERRENO DE CULTIVO



TERRENO DE CULTIVO

TERRENO DE CULTIVO

LEYENDA

| | |
|-----------------|---|
| EJE DEL RIO | — |
| HUELLA MAXIMA | — |
| FAJA MARGINAL | — |
| C.P. AJIPAMPA | — |
| CURVAS DE NIVEL | ~ |

UNIVERSIDAD CATOLICA
SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: "INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYZOPOGON ZIZANIOIDES) APLICADO AL CENTRO POBLADO AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS-CHOTA"

PLANO: UBICACION Y PLANTA TOPOGRAFICA

| | |
|-----------------------|-------------------------|
| ALUMNO: | UBICACION: |
| CHAVEZ GUEVARA CARLOS | CENTRO POBLADO AJIPAMPA |
| | FECHA: |
| | MAYO - 2022 |
| | ESCALA: |
| | 1:500 |

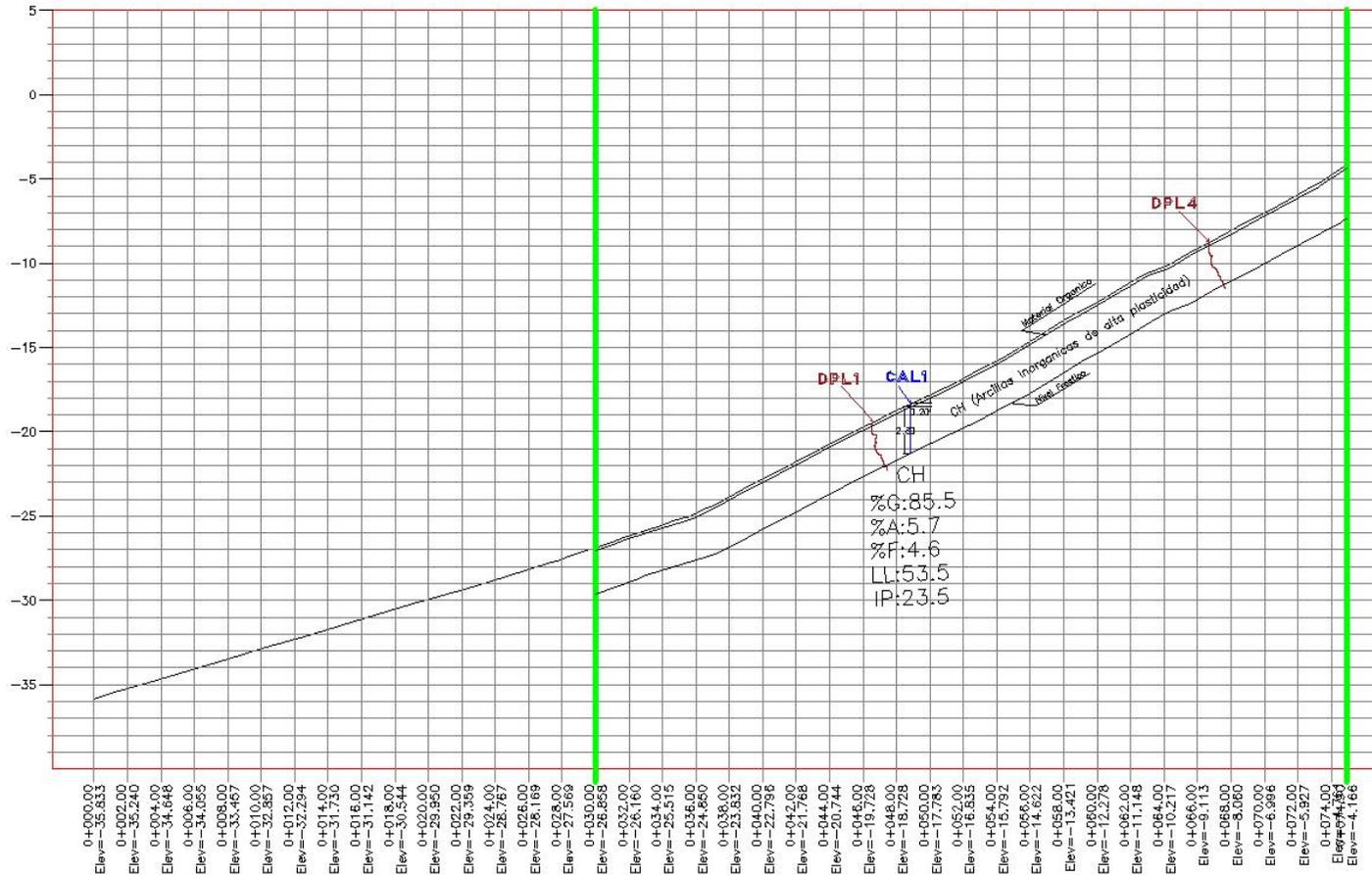
PLANO: UPT-1

PLATOPOGRAFIA

ESCALA: 1:500

Anexo N° 06: Planos de diseño de sembrado de sembrado de pasto Vetiver

Anexo N° 07: Perfil longitudinal – Eje A



DATOS DE SUELO - CI

| | |
|------------------------|------|
| % GRUESOS : | 65.5 |
| % ARENAS : | 5.7 |
| % FINOS : | 4.6 |
| LIMITE LIQUIDO : | 53.5 |
| INDICE DE PLASTICIDAD: | 23.5 |

ESTRATOS

| | |
|---|-----------------|
| MATERIAL ORGANICO | 0.00 m - 0.20 m |
| CH (ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD) | 0.20 m - 2.80 m |
| NIVEL FREATICO | 3.00 m |

LEYENDA

| | |
|-----------------------------|---|
| CONTORNO PERIL LONGITUDINAL | — |
| ENSAYOS DPL | — |
| CALICATAS | — |
| LIMITE DE SEMBRADO | — |

PERFIL 1
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1
 ESCALA VERTICAL 1 : 1

UNIVERSIDAD CATOLICA
 SANTO TORIBIO DE MOCROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: "INCREMENTO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES UTILIZANDO PASTO VETIVER (CHRYSOPOGON ZIZANIODES) APLICADO AL CENTRO POBLADO A JIPA RIPA, DISTRITO DE LAJAS - CHOTA"

| | | |
|----------------------------|--------------------------------------|--------|
| PLANO 1 | PERFIL LONGITUDINAL DE TALUD - CJC B | PUNO 1 |
| ALUMNO | INGENIERO | UPT-3 |
| CHAVEZ GUEBARA GIAN CARLOS | CENTRO POBLADO A JIPA RIPA | |
| | PERIODO: MAYO - 2023 | |
| | ESCALA: 1:500 | |

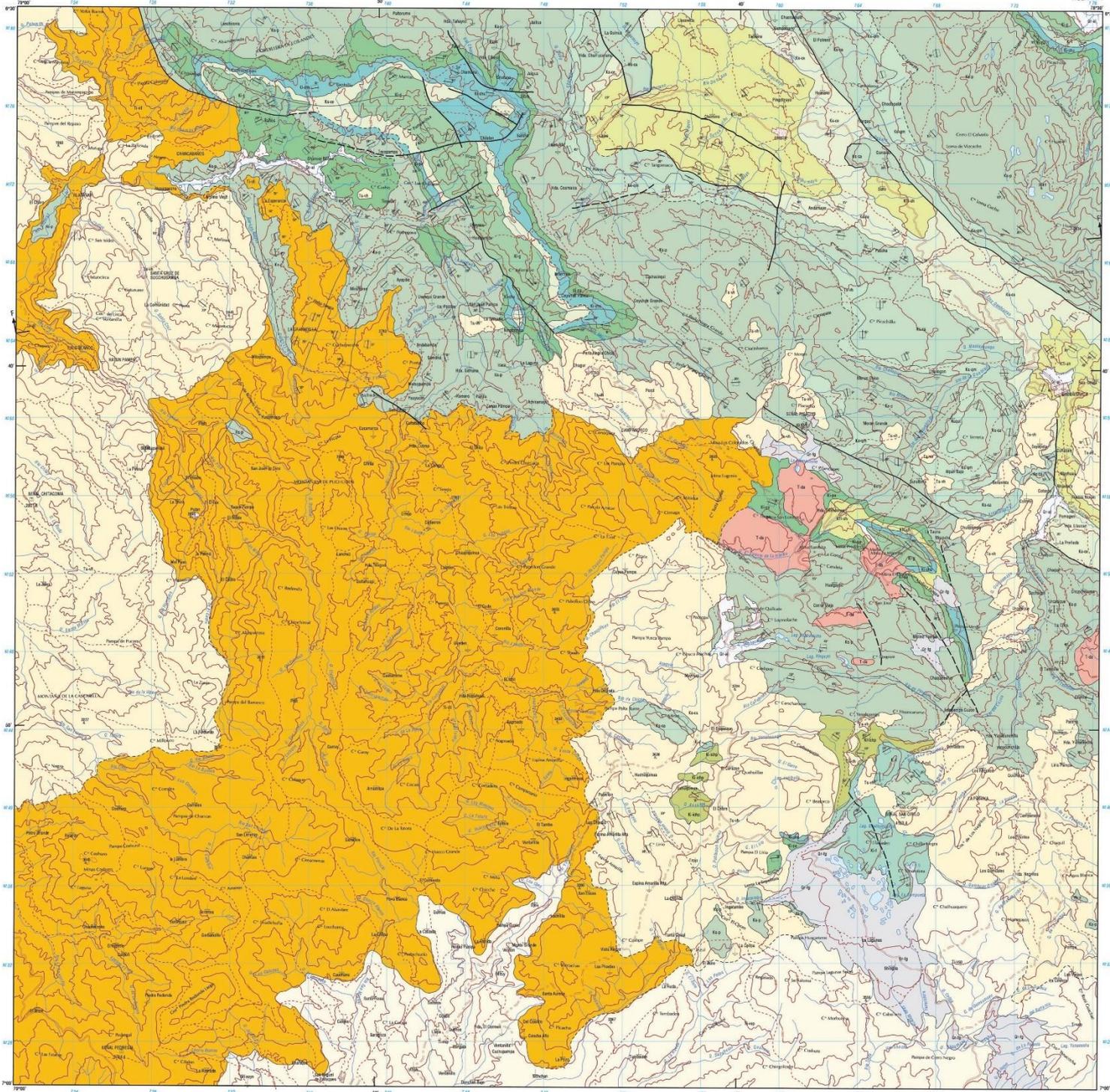
Anexo N° 08: Perfil longitudinal – Eje B

Anexo N° 09: Mapa geológico del cuadrángulo de chota (INGEMMET)

MAPA GEOLÓGICO DEL CUADRÁNGULO DE CHOTA

CARTA GEOLÓGICA DEL PERÚ 1 : 100,000

HOJA 14-1



BASE TOPOGRÁFICA: LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO POR EL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR, LIMA PERÚ 1964

LEYENDA

| ERATEMA | SISTEMA | SERIE | PISO | UNIDADES ESTRATIGRAFICAS | ROCAS INTRUSIVAS | |
|-------------|-----------|------------|--------------|--|------------------|-------|
| CUATERNARIO | TERCIARIO | RECIENTE | | Depósitos fluviales aluviales y fanérficos | | |
| | | SEMPREPERE | | Vols. P. Lumbos | Te sh | |
| | | MEIO | | Vols. San Pablo | Me sp | |
| | | INFERIOR | | Vols. Luma | Me li | |
| MESOZOICO | CRETÁCEO | SUPERIOR | Miocenozoico | Fls. C. Oca | Me oc | |
| | | | | Barrancón | Fls. D. Andes | Me oc |
| | | | | San Juan | Fls. S. Juan | Me oc |
| | | MEDIANO | | Fls. S. Juan | Me oc | |
| | | | | Fls. S. Juan | Me oc | |
| | | | | Fls. S. Juan | Me oc | |
| | | | | Fls. S. Juan | Me oc | |
| | | INFERIOR | | Fls. S. Juan | Me oc | |
| | | | | Fls. S. Juan | Me oc | |
| | | | | Fls. S. Juan | Me oc | |

REPUBLICA DEL PERU
SECTOR ENERGIA Y MINAS
INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
MAPA GEOLÓGICO DEL CUADRÁNGULO DE CHOTA
DEPARTAMENTO CAJAMARCA
PROV. BAMBUSAS
SUPERVISADO POR: GONZA GUEVARA R.
Escala 1:100,000



FOFO DE CUADRANGULOS

| FOFO | FOFO | FOFO |
|---------|---------|---------|
| Chotaco | Chotaco | Chotaco |
| Chotaco | Chotaco | Chotaco |
| Chotaco | Chotaco | Chotaco |



- SÍMBOLOS**
- Compuco concreto
 - Contacto cablerío
 - Puntos y bocanillo de extrato
 - Ruinas y bocanillo de extrato invertido
 - Extrato vertical
 - Ruina y bocanillo de foliación
 - Eje de simetría
 - Eje de antical
 - Subsacumbiente
 - Falla normal
 - Línea de perfil-ocasión
 - Falla desplazamiento de rumbo
 - Mina en trabajo
 - Caminio carreterable
 - Caminio de herradura
 - Símbolo geológica
 - COA

Anexo N° 09: Mapa de aceleraciones para periodo de retorno de 100 años

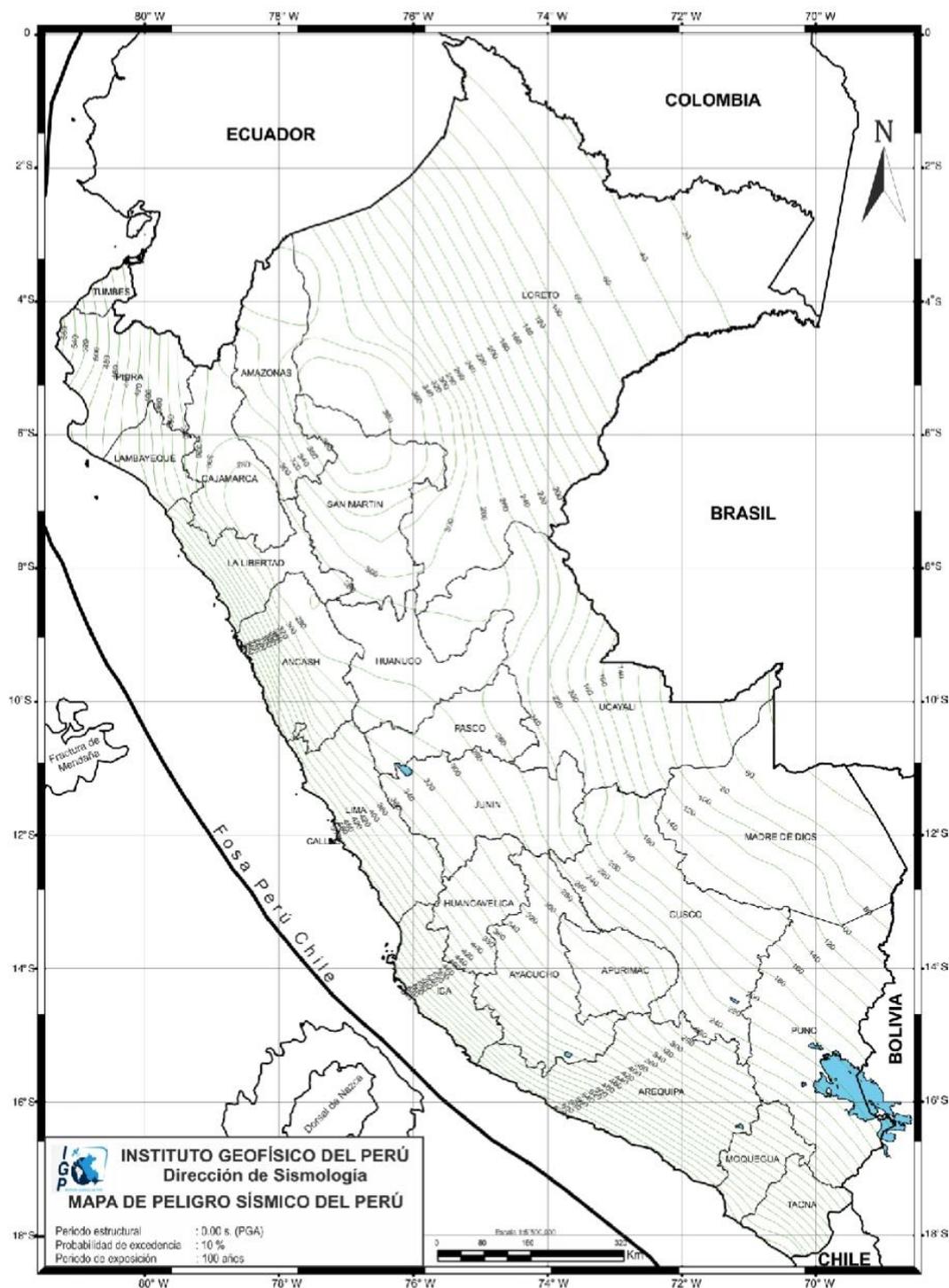


Figura 10.- /// Continuación. Mapa de peligro sísmico para el Perú considerando un periodo de retorno de 100 años con el 10% de excedencia. Los valores de aceleración están expresados en unidades de gals.