



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Estabilización de taludes en carreteras mediante la aplicación de la bioingeniería empleando plantones de pinos, tramo Piscobamba, Departamento de Ancash.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Garcia Marcos, Mauller Jhosep (ORCID: 0000-0002-7941-6898)

Vidal Carranza, Víctor Carlin (ORCID: 0000-0002-3738-2028)

ASESOR:

Mg. Contreras Velásquez, José (ORCID: 0000-0001-5630-1820)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

HUARAZ – PERÚ

2021

Dedicatoria

Me gustaría dedicar esta Tesis a toda mi familia.

Para nuestros padres, por su comprensión y ayuda en momentos malos y menos malos. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Nos han dado todo lo que somos como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

Para nuestras esposas, a ellas especialmente le dedicamos esta Tesis. Por la paciencia, cuidado, empeño, fuerzas, amor, porque las queremos. Son las personas que más directamente ha sufrido las consecuencias del trabajo realizado. Realmente ellas nos llenan por dentro para conseguir un equilibrio que nos permita dar el máximo de nosotros. No hay palabras para describir el agradecimiento hacia ellas.

Para nuestros hijos. Ellos son lo mejor que nos ha pasado, y han venido a este mundo para darnos el último empujón para terminar el trabajo. Es sin duda nuestra referencia para el presente y para el futuro.

A todos ellos, muchas gracias de todo corazón.

Agradecimiento

Nos gustaría agradecer sinceramente a nuestro tutor de Tesis, Mg. Contreras Velásquez, José Antonio, por su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de enseñanza, su persistencia, paciencia y motivación han sido fundamentales para nuestra formación como investigadores. Él ha inculcado en nosotros un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico sin los cuales no podríamos tener una formación completa como investigadores. A su manera, ha sido capaz de ganarse nuestra lealtad y admiración, así como sentirnos en deuda con él por todo lo recibido durante el período de tiempo que ha durado esta Tesis.

Para el, muchas gracias por todo.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de Investigación	11
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, muestra y muestreo	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	11
3.5. Procedimientos	12
3.6. Método de análisis de datos	13
3.7. Aspectos éticos.....	13
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
V. CONCLUSIONES	34
VI. RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS.....	36
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Características geométricas del talud.	15
Tabla 2. Resumen del cálculo de la precipitación registrada semanal.....	19
Tabla 3. precipitación media – promedio aritmético.....	20
Tabla 4. Precipitación media – promedio aritmético	20
Tabla 5. Datos metereologicos Mariscal Luzuriaga	22
Tabla 6. Coeficiente de escorrentía en la zona de estudio.	22
Tabla 7. Precipitación efectiva media en la zona de estudio	23
Tabla 8. Tasa de infiltración media de la zona de estudio	24
Tabla 9, Contenido de humedad del suelo	26
Tabla 10. Resumen de análisis granulométrico del suelo.....	26
Tabla 11. Porcentaje granulométrico de suelo.....	27
Tabla 12. Resultados del límite líquido, plástico e índice de plasticidad.....	27
Tabla 13. Resultado del peso unitario del suelo	28
Tabla 14. Clasificación de muestras de suelo representativas.	28
Tabla 15. Parámetros de resistencia de la calicata.....	30
Tabla 16. Resumen de Parámetros de Resistencia sin presencia de raíces de pinos.	30
Tabla 17. Efecto de las raíces sobre la cohesión y el ángulo de fricción.	30
Tabla 18. Factores de seguridad sin y con la técnica de bioingeniería.....	31

Índice de figuras

Figura 1. Localización y ubicación política de la zona de estudio.....	14
Figura 2. Plano topográfico de la zona de estudio.....	15
Figura 3. Muestreo del área de estudio.	17
Figura 4. Caracterización del suelo del talud en estudio	18
Figura 5. Perfil estratigráfico del talud en estudio.....	18
Figura 6. Histograma a de precipitación media	21
Figura 7. Histograma de precipitación media efectiva	24

Resumen

La tesis titulada: “ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN CARRETERAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA BIOINGENIERIA EMPLEANDO PLANTONES DE PINOS, TRAMO PISCOBAMBA, DEPARTAMENTO DE ANCASH”, tuvo como objetivo Identificar la variabilidad de estabilidad del talud mediante la aplicación de la técnica de bioingeniería en carreteras empleando plantones de pino en el tramo Piscobamba. La metodología empleada fue del tipo aplicada, a través de ensayos de laboratorio, que permitieron la inserción de las raíces de pino para la evaluación en las propiedades de resistencia al corte del suelo y la evaluación de la estabilidad, frente a la aplicación de la técnica de bioingeniería. Los resultados obtenidos del trabajo de investigación reflejaron que, la condición del talud en base a las características del suelo y geométricas del área, sin considerar el aporte de las raíces del pasto vetiver, determinan estratos de arena limo-arcillosa (SC-SM) y arena arcillosa (SC) con grados de cohesión de 0.0503 kg/cm² y 0.0538 kg/cm² y ángulos de fricción de 20.41° y 19.14° respectivamente. Sin embargo, los parámetros de resistencia se modifican al aporte de raíces del pasto vetiver, determinando un grado de cohesión de 0.0404 kg/cm² y 0.0382 kg/cm², y ángulos de fricción de 22.41° y 24.61° para los estratos mencionados. Además, se refleja una configuración inestable con factor de seguridad de 0.905 y 0.881 (análisis estático), y de 0.751 y 0.728 (análisis pseudoestático). Mientras que, con la aplicación de la técnica de bioingeniería, la condición de estabilidad determinada es de 1.504 y 1.444 (análisis estático) y de 1.278 y 1.218 (análisis pseudoestático). se concluye que, la variabilidad mediante el empleo de Pinos, determina mejoras de estabilidad en un 66% y 70% para condiciones estáticas y pseudoestáticas respectivamente. Se pasa de un factor inestable a uno estable. Se reducen de los costos en un 33%, en comparación a la técnica de la medida convencional de cortes para banquetas.

Palabra clave: Estabilización de taludes, bioingeniería, carreteras

Abstract

The thesis entitled: "STABILIZATION OF SLOPES ON ROADS THROUGH THE APPLICATION OF BIOENGINEERING USING PLANTS OF PINOS, PISCOBAMBA SECTION, DEPARTMENT OF ANCASH", aimed to identify the variability of slope stability through the application of the bioengineering technique in highways. pine seedlings in the Psicobamba section. The methodology used was of the type applied, through laboratory tests, which allowed the insertion of pine roots for the evaluation of the properties of resistance to cutting of the soil and the evaluation of the stability, compared to the application of the technique. bioengineering. The results obtained from the research work reflected that the condition of the slope based on the characteristics of the soil and the geometric characteristics of the area, without considering the contribution of the vetiver grass roots, determine silt-clayey sand strata (SC-SM) and clayey sand (SC) with degrees of cohesion of 0.0503 kg / cm² and 0.0538 kg / cm² and friction angles of 20.41 ° and 19.14 ° respectively. However, the resistance parameters are modified to the contribution of vetiver grass roots, determining a degree of cohesion of 0.0404 kg / cm² and 0.0382 kg / cm², and friction angles of 22.41 ° and 24.61 ° for the mentioned strata. In addition, an unstable configuration is reflected with a safety factor of 0.905 and 0.881 (static analysis), and 0.751 and 0.728 (pseudostatic analysis). While, with the application of the bioengineering technique, the determined stability condition is 1,504 and 1,444 (static analysis) and 1,278 and 1,218 (pseudostatic analysis). It is concluded that the variability through the use of vetiver grasses determines stability improvements of 66% and 70% for static and pseudostatic conditions respectively. It goes from an unstable factor to a stable one. Costs are reduced by 33%, compared to the conventional measurement technique of cuts for sidewalks.

Keywords: stabilization Slope, bioengineering, roads

I. INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos de taludes es un problema muy usual dentro el territorio peruano que afectan las diferentes infraestructuras, estando propensas a las condiciones riesgosas de estas laderas.

En los últimos años, el trabajo de bioingeniería que se realiza en el Perú ha ido en aumento, debido a que estas tecnologías han mostrado tendencias de desarrollo, a través de las cuales se han convertido en alternativas muy útiles para resolver los desafíos de la ingeniería en el Perú. En general, la ingeniería biológica puede adaptarse bien a los problemas y emergencias en el área a intervenir. Dentro de sus aplicaciones encontramos la estabilización de taludes. Los proyectos de bioingeniería parece ser una alternativa efectiva para combatir la erosión y deslizamientos de tierra, pues la construcción puede captar y reducir la velocidad de escorrentía e infiltración de agua, evitar procesos de erosión, saturación de tierras y ser responsable de la generación de movimiento masivo. Es decir, la bioingeniería peruana debe resolver los problemas inherentes a la tierra (erosión, movimientos a gran escala). De hecho, la tecnología de la bioingeniería comienza con la caracterización del área a intervenir, y se debe estudiar su geología, clima, actividades humanas, flora y fauna. En la revisión de materiales de investigación, encontramos que la tecnología de bioingeniería actualmente no solo representa una alternativa efectiva para tratar problemas, sino que también representa una ventaja en términos de recursos económicos requeridos para tratar enfermedades. Como su nombre lo indica, la bioingeniería implica brindar soluciones a los requisitos de ingeniería con el uso de tecnologías que utilizan materiales biológicos, por lo que en comparación con la ingeniería tradicional, es un método para resolver problemas y tiene un impacto mucho menor en el medio ambiente. Con el mismo espíritu, se seleccionaron una serie de trabajos que ayuden a comprender los procesos se pueden comprobar las problemáticas y definir el campo de intervención, para que sepamos que trabajo implementar para el futuro. La bioingeniería proporciona varias tecnologías para dar solución a la

inestabilidad de la calidad del suelo. Los técnicos encontrarán un complemento factible a los métodos tradicionales de estabilización que se utilizan habitualmente en la ingeniería civil para realizar materiales naturales que cumplan con normativas técnicas específicas. Función, resistencia, contención, rehabilitación, bajo costo, etc. En este estudio se realizó una revisión explicativa de trabajos enfocados en este tema; de igual manera, se realizó una revisión sistemática del trabajo de investigación que se ha realizado, a través de la cual se pudo determinar la factibilidad y practicidad del trabajo de bioingeniería, como una alternativa estable al suelo. En la revisión de materiales de investigación, encontramos que la tecnología de bioingeniería actualmente no solo representa una alternativa efectiva para tratar problemas, sino que también representa una ventaja en términos de recursos económicos requeridos para tratar enfermedades. Como su nombre indica, la bioingeniería implica resolver los requisitos de ingeniería con el uso de tecnologías que utilizan materiales naturales, por lo que en comparación con las tecnologías de ingeniería tradicionales, es una forma de resolver problemas y tiene un impacto mucho menor en el medio ambiente.

Esta investigación se centra en la tecnología de recubrimiento de la superficie que disminuye la posibilidad de erosión superficial a través de especies específicas en laderas y taludes inestables

La investigación se sustenta de acuerdo con las normativas de estabilización biotécnica de las laderas (taludes) de infraestructura de ingeniería civil y el manual de bioingeniería suizo, que fue rescatado del análisis de simulación de lluvia en 3 de 4 parcelas de prueba. Con referencia a la investigación sobre pendientes de infraestructura, el acolchado artificial en estos suelos no solo puede controlar eficazmente la erosión, sino también reducir la escorrentía y aumentar la capacidad de retención de la superficie y la infiltración del agua de lluvia, reduciendo así el riesgo de inundaciones (Ramajo, 2017).

También enfatiza dos formas de solucionar este problema: "dura" o "tradicional": una da solución al problema cementando superficies, gaviones y

otras estructuras, o utilizando malla metálica, que suele ser muy cara. El enfoque "suave" o "verde": mediante el uso de una vegetación de mucho menor costo, hermosa y respetuosa con el medio ambiente, también proporciona una solución al problema. Se trata de la tecnología de estabilización por biotecnología (EB) y bioingeniería de suelos (BS) para producir, tratar taludes y terrenos de alta pendiente en general, en los que la vegetación se utiliza como principal elemento de estabilidad y control de la erosión. La estabilidad de la biotecnología se refiere al uso combinado de insumos de origen vegetal sembrados con maquinaria y anclajes estructurales. Los anclajes incluyen una muchos materiales, como concreto, madera, y el uso de geosintéticos. (Dows & Cooperación, 2017)

La **Justificación** del estudio se fundamenta en la argumentación teórica y la aplicación de la propuesta que aportará los conocimientos e información necesarios para la investigación en bioingeniería, incluyendo una variedad de tecnologías alternativas para los técnicos puedan dar respuesta a las demandas. Tener diferentes escenarios y resolver problemáticas estructurales y de contención. A diferencia de las alternativas tradicionales, esta tecnología implica el uso de materiales naturales, combinados con el entorno del terreno a intervenir, para resolver los problemas de ingeniería de manera oportuna. Otra ventaja que brinda la bioingeniería es su inversión baja, ya que al utilizar tecnología de bioingeniería se puede realizar el proyecto con menos recursos económicos, ya que se pueden obtener biomateriales cerca del terreno a intervenir. Los beneficios de estas tecnologías se reflejan en el menor impacto ambiental, especialmente en la caso de contener materiales sueltos. Donde se utiliza la bioingeniería como pilar en el fortalecimiento sumando la reducción del desplazamiento del terreno.

El propósito de esta investigación es desarrollar el estado de conocimiento sobre el uso de la bioingeniería en remociones a gran escala en áreas de laderas, proponiendo nuevas alternativas de recuperación de ciclos de erosión, caracterizar técnicas de bioingeniería. Además se muestra el impacto de diferentes tecnologías de bioingeniería aplicadas en Colombia, que

representan alternativas para estabilizar y paliar problemas a nivel nacional. Hernández Bernal (2016) señaló la importancia del uso y adecuación de estas tecnologías para paliar áreas inestables..

II. MARCO TEÓRICO

En cuanto a los trabajos previos a nivel internacional tenemos los siguientes, Ayala & Daniela, (2019) en su investigación denominado "un diseño alternativo para la estabilización de taludes, mediante la bioingeniería del camino a la escuela rural en el poblado de alta pérdida de Cimitarra Santander". El objetivo es diseñar un trabajo de bioingeniería para estabilizar el talud del camino a la escuela rural de la aldea Plossida Alta. Se propuso un método sistemático y continuo en tres etapas. A partir del diagnóstico se analizó el estado del deslizamiento para determinar si las posibles razones de la estabilidad se proponen para su uso en el diseño de bioingeniería. Resultado: A través de la investigación de campo, se puede determinar que el área inestable presenta algunas características, como casi ausencia de árboles, vegetación pequeña, sistema radicular pequeño y rocas grandes, esto significa que es necesaria la intervención porque el problema será por condiciones topográficas Continuar apareciendo. Conclusiones, la revisión bibliográfica hizo saber a la gente que Guadova puede producir una buena estructura que pueda soportar y remodelar el talud de abajo hacia arriba. Por otro lado, además de los deslizamientos de tierra en la zona, también puede prevenir más pérdida y realización de carreteras. Una sola tecnología no garantiza cumplir con los resultados esperados, por lo que se recomienda implementar varias de ellas para gestionar todas las fallas encontradas.

Así mismo, Suárez & Rodrigo, (2019) en su investigación denominado "Análisis de estabilidad de taludes mediante diferentes técnicas de revegetación". El propósito es utilizar técnicas de revegetación para evaluar el estado o la condición de estabilidad de diferentes taludes. El método, se basa en la observación in situ y la experiencia previa del diseñador, y tiene en cuenta las condiciones geológicas y geotécnicas del área del talud. Como

resultado, se puede observar que todas las tecnologías implementadas tienen incautaciones considerables, sin embargo, en el Huila, la precipitación anual llega hasta 1499 mm, la tasa de incautación final es del 64%, mientras que la precipitación anual en Risaralda es entre 4886 mm y 4886 mm. Caquetá es de 4016 mm y la tasa de incautación es del 100%. Concluyendo que, a menor precipitación en el sector, menor será la eficiencia de la tecnología aplicada. Se puede decir que los procesos de compactación y manejo de aguas pluviales están directamente relacionados con la estabilidad de las terrazas, a mayor compactación y desarrollo de proyectos de canalización de aguas superficiales, menor impacto del proceso de erosión. Se recomienda implementar especies nativas en cada territorio para que, en el marco de la revegetación para la estabilidad de taludes, sus ecosistemas no cambien y / o cambien su función y estructura.

Como también, Angarita & Calderón, (2018) en su investigación denominado "El diseño e implementación del proyecto de bioingeniería de la aldea Las Lajas en Supata-Cundinamarca como alternativa al manejo de aguas de escorrentía para reemplazar el manejo de aguas de escorrentía y aguas residuales y la restauración de suelos degradados" Su objetivo es diseñar e implementar la bioingeniería trabajar como alternativa al manejo de aguas de escorrentía y restauración de suelos degradados. El método se basa en la tecnología IAP (investigación, acción y participación). Como resultado, como la solución propuesta al problema principal en el campo de investigación, la construcción del proyecto de bioingeniería se compone de 2 canales secundarios en forma de espina de pescado con el fin de drenar el agua de mejor manera en el sitio, el número es 5 principales filtros y 3 filtros auxiliares a excepción de los 13 tallados para preservar materiales sueltos y proteger el suelo, las grietas encontradas rellenaron el suelo existente en el área de deslizamiento. El material seleccionado es arcilla debido a la reducción de la erosión del terreno. El área total de Estos proyectos es de 1.345,10 metros cuadrados, se realizó arroz, restauración de la vegetación y se plantaron 500 árboles con el propósito de restaurar la cobertura vegetal del territorio. El

costo total del proyecto es \$ 38,215,036. En conclusión, se determina que es necesario implementar estrategias de seguimiento para verificar si la obra descrita está funcionando adecuadamente y se encuentra en las condiciones necesarias para continuar logrando sus metas constructivas. La mejor vigilancia encontrada es visual, esta es una estrategia de corto plazo y debe registrarse con fotos, esta vigilancia será atendida por el Comité de Acción Comunitaria junto con la CAR.

A nivel nacional, Pillpa & Nelson, (2019) en su estudio denominado “Estabilización de taludes mediante la técnica de bioingeniería con cultivo de pastos vetiver en zonas tropicales, año 2019”, tiene como objetivo principal determinar la variabilidad de la estabilidad a través de la aplicación de tecnología de bioingeniería y el uso de contribuciones. Se utilizaron las raíces del vetiver para resistir cortes en pendiente en el km 33 + 450 de la Autopista Pozuzo. Mediante pruebas de laboratorio, el método utilizado es el tipo de aplicación. La metodología utilizada fue del tipo aplicada, realizando ensayos en laboratorio. Los resultados de la investigación muestran que las condiciones de la pendiente se basan en las características del suelo y las características geométricas regionales, independientemente del aporte del sistema radicular. Se determinó la cohesión de la arena limo-arcillosa (SC-SM) obteniendo 0.0503 kg/cm² y para la arena arcillosa (SC) 0.0538 kg / cm², los ángulos de fricción obtenidos son 20.41° y 19.14°, consecuentemente. Por otro lado, el parámetro de resistencia se modificó al aporte de las raíces de vetiver, lo que determinó la cohesión de 0.0404 kg / cm² y 0.0382 kg / cm², y los ángulos de fricción de 22.41 ° y 24.61 ° para la formación anterior. Además, la configuración inestable se refleja en factores de seguridad de 0,905 y 0,881 (análisis estático) y 0,751 y 0,728 (análisis pseudoestático). Al realizar la aplicación de la tecnología de bioingeniería, las condiciones de estabilidad determinadas son 1.504 y 1.444 (análisis estático) y 1.278 y 1.218 (análisis pseudoestático). Para precisar la configuración de estabilidad e inestabilidad se utilizan los métodos Bishop y Janbú. Luego, se concluyó que

la variabilidad del uso de vetiver determinó que la estabilidad de las condiciones estáticas y pseudoestáticas aumentaran en un 66% y 70%, respectivamente. Pasó de un factor inestable a un factor estable. En comparación con la tecnología de medición de corte de acera tradicional, el costo se reduce en un 33%. Como opción a la estabilización y el control de la erosión de los taludes en áreas tropicales, la siembra de vetiver es una forma viable y económicamente rentable.

A lo largo del proceso de investigación se puede determinar que la bioingeniería ha demostrado tener un impacto en la mitigación de los problemas de erosión, el manejo del agua en las laderas y la estabilidad de las laderas cercanas al cauce del río, por lo que estas tecnologías han representado el impacto directo de muchas comunidades sin recursos económicos. El método alternativo es enfrentar las diversas inestabilidades que enfrentan distintas zonas del país. En general, estas alternativas de bioingeniería permiten desarrollar proyectos de estabilización a gran escala, contribuir propiedades especiales que reducen las propiedades hidráulicas mediante la revegetación y ayudan a enriquecer las características mecánicas del suelo en terrenos escarpados.

La definición de bioingeniería, la bioingeniería se considera algo único, pues se caracteriza por que la misma parte de la planta como elemento de anclaje, reduciendo la erosión del suelo, evitando el desplazamiento del talud, y transformándolo en vida y obra como pasa el tiempo Refuerzo mecánico del suelo para prevenir y frenar la erosión y el movimiento de masas (Miranda, 2019).

Durante siglos, la gente ha estado utilizando plantas vivas y otros materiales naturales para controlar la erosión del suelo en las laderas y del margen del río en sectores zonas del mundo. Obviamente, el uso de especies endémicas

como procedimiento del control de la erosión tiene ventajas para optimizar los recursos existentes en el área a interferir.

Con el advenimiento de la revolución industrial, los elementos naturales y los tratamientos de erosión fueron reemplazados por el uso del hormigón. Abandonando la tecnología de la bioingeniería, siendo sustituida por estructuras de concreto armado rígidas y estables.

La razón de la existencia de la bioingeniería está estrechamente relacionada con el diseño y la perspectiva ecológica innovadora que la sociedad quiere adoptar recientemente; mejorando el medio ambiente y la sostenibilidad futura, que se convierte en el beneficio mutuo de los seres humanos y la naturaleza (Hernández & Lacaba, 2017).

En términos históricos, "el uso de la bioingeniería en los Estados Unidos se remonta a las décadas de 1920 a 1930. Las aplicaciones más comunes son la estabilización de riberas, la restauración de carreteras, carreteras y taludes, y Europa tiene experiencias similares. Cabe señalar que pocas Los practicantes continuaron utilizando la tecnología de la bioingeniería. Para 1930, varios profesionales de diferentes disciplinas habían logrado aplicar las teorías de la bioingeniería del suelo, usando sauces vivos, muros de piedra y otras tecnologías. La arquitectura combinó el tallado en madera y el muro con incrustaciones verdes (Mogollón et al., 2017).

La bioingeniería a resurgido en los últimos 20 años y se considera "como un resurgimiento de la tecnología de control de la erosión porque son estructuras hermosas y ambientalmente seguras". Se viene utilizando nuevos recursos con el fin de formar materiales simples que puedan satisfacer eficazmente las necesidades de control de calidad de materiales estructurales, descarga de fluidos, control de erosión, etc. (Mendoza, 2018).

Ventajas de la Bioingeniería son tecnologías de bajo costo, duraderos, y naturales, embelleciendo el paisaje y preservando el medio ambiente. (Díaz, 2020).

Cuando se utiliza tecnología de bioingeniería, es necesario considerar sus antecedentes históricos y su situación real, evaluando la topografía más adecuada del sitio. La bioingeniería se ha practicado ampliamente y con éxito en Europa, especialmente en Alemania, donde los métodos de bioingeniería se han utilizado durante más de 150 años. La diferencia entre la tecnología llamada bioingeniería y la tecnología de ingeniería tradicional es que la tecnología de bioingeniería es renovable y se integra con el medio ambiente de una manera más amigable, y al mismo tiempo resuelve funcionalmente las necesidades de ingeniería, actuando como un elemento mecánico de la estructura principal, logrando aumentar la cohesión del suelo con la raíces del vegetal, protegiendo los taludes volviéndolos más estables con un eficiente drenaje hidráulico (Mogollón et al., 2017).

Es necesario desarrollar métodos efectivos para proteger el suelo de las laderas, como la construcción de esculturas vivientes, que puedan ayudar a determinar los beneficios de estas tecnologías y sistemas de bioingeniería para resolver problemas de ingeniería a través de sus aplicaciones. En la actualidad, estas tecnologías se han utilizado en muchos casos en las zonas cafeteras colombianas, obteniendo estructuras que cumplen satisfactoriamente su labor y se acoplan con el medio ambiente afectando lo menos posible al ecosistema.

Tradicionalmente, los problemas de erosión y movimiento masivo han sido controlados por ingeniería mecánica convencional que es demasiado costosa y, a veces, puede exceder el costo de la tierra para intervenir, lo que lleva a abandonarlos en lugar de implementar prácticas que compensen el proceso de degradación. Ante la situación anterior, es necesario presentar una alternativa que no obstaculice su implementación por el alto costo que

conlleve, y adoptar la tecnología de la bioingeniería como una solución factible al problema actual.

La tala masiva de la vegetación arbórea puede conducir a la inestabilidad de la estructura de la superficie, que se manifiesta por un gran número de movimientos masivos. La sierra peruana naturalmente se mantiene estable debido a la influencia de su singular vegetación nativa, en este sentido, la misma vegetación nativa debe contribuir a la sustentabilidad de las edificaciones humanas y del medio ambiente (Díaz, 2020).

La relación planta-suelo-agua ha sido estudiada desde hace más de 20 años, en los que la estructura vegetal contribuye a la firmeza o estabilidad del suelo, debido a la resistencia o fuerza mecánica que generan las raíces, controlando la erosión y permitiendo regular los elementos climáticos: temperatura, humedad relativa, viento y agua (Escobar, 2016).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de Investigación

- **Alcance**

En este estudio se realizará una revisión explicativa de trabajos enfocados en este tema; de igual manera, se realizará una revisión sistemática del trabajo de investigación para que sea posible determinar la viabilidad y practicidad del trabajo de bioingeniería ya que se ha deslizado.

- **Enfoque**

Tiene un enfoque no experimental, debido a que no manipula la totalidad de variables.

3.2. Variables y operacionalización

Esta investigación posee dos variables:

Variable independiente es la técnica de bioingeniería empleando plantones de Pino, y su variable dependiente, estabilidad de taludes

3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

Su población son todos los taludes inestables en la carretera Piscobamba – Departamento de Ancash. Según Borja (2017) la población es “ un conjunto de elementos o sujetos a los cuales se estudian”

Muestra:

La muestra seleccionada obedecerá a los talud inestable del tramo 25+750 KM de la carretera Piscobamba – Departamento de Ancash. Según Borja (2016) define a la muestra como: “la unidad del objeto de una población”.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Se utilizará la técnica de la observación, debido a que los datos serán obtenidos y registrados durante la visita de campo, el levantamiento topográfico y el estudio de suelos. Según Ccanto (2010), las técnicas de recolección de datos son: “medios por los cuales el investigador recoge la información requerida de una realidad en función a los objetos de estudio”.

Instrumentos

Se utilizará fichas de campo (son vitacoras aprobadas por un especialista que se utilizan para recolectar datos relevantes de esta investigación).

Los instrumentos de medición empleados en esta investigación serán:

- Dron (fotogrametría del talud).
- Speedy humedad (contenido de humedad).
- Tamices estandarizados (granulometría).
- Copa de Casagrande (límites de consistencia).
- Equipo de corte directo (parámetros de resistencia).
- Software Slide V6.0 (análisis de estabilidad de talud)

3.5. Procedimientos

El procedimiento para el desarrollo es el siguiente:

Como primer paso a realizar tendremos la localización y georeferenciación de la zona a estudiar, siendo importante realizar una búsqueda de información relevante de la zona, esta información deberá ser avalada por fuentes fidedignas y confiables. Como segundo paso a realizar es la verificación y evaluación del talud a estudiar. Como tercer punto se realizara los trabajos de campo, levantamiento topográfico y estudios geotécnicos. El estudio topográfico nos dará un modelo de terreno digital de la zona de estudio. El estudio de geotecnia se tomarán las muestras de suelo para analizar en laboratorios. Las muestras serán sometidas a ensayos de corte directo donde obtendremos la resistencia al corte del terreno.

3.6. Método de análisis de datos

Estos nos ayudan a interpretar los datos recopilados mediante instrumentos de investigación. La primera técnica es la interpretación de resultados a través del método gráfico (análisis de estabilidad de taludes). Los datos se organizan en una matriz de lista (MS Excel), donde se recopilan y almacenan para la adquisición de otros datos (pruebas de suelo). Se utilizan técnicas de análisis cuantitativo y cualitativo para describir y analizar los datos, lo que nos ayuda a mostrar los cambios en el análisis de estabilidad de taludes de cultivos de variedades de pinos de la zona de estudio.

3.7. Aspectos éticos

Para esta investigación, se cree apropiado acompañar con los siguientes principios éticos:

Beneficencia: Esta investigación permite alcanzar los beneficios en los participantes y enriquecer a través de un valor y emprender el bienestar social. Así mismo, se generará un conocimiento con el fin de ser un aporte a la sociedad, y generar un documento fidedigno que beneficie a la ciudad de Huaraz.

No Maleficencia: Consta con el deber ético de no ocasionar daños en el proceso del desarrollo de la investigación, se cuidan los aspectos legales citando a los autores que sirven como base teórica.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Caracterización de la zona de estudio

4.1.1.1. Ubicación de la zona de estudio

El zona de estudio está ubicada en la carretera San Luis - Pomabamba en la progresiva 25+750 km, Provincia de Mariscal Luzuriaga, Región Ancash.

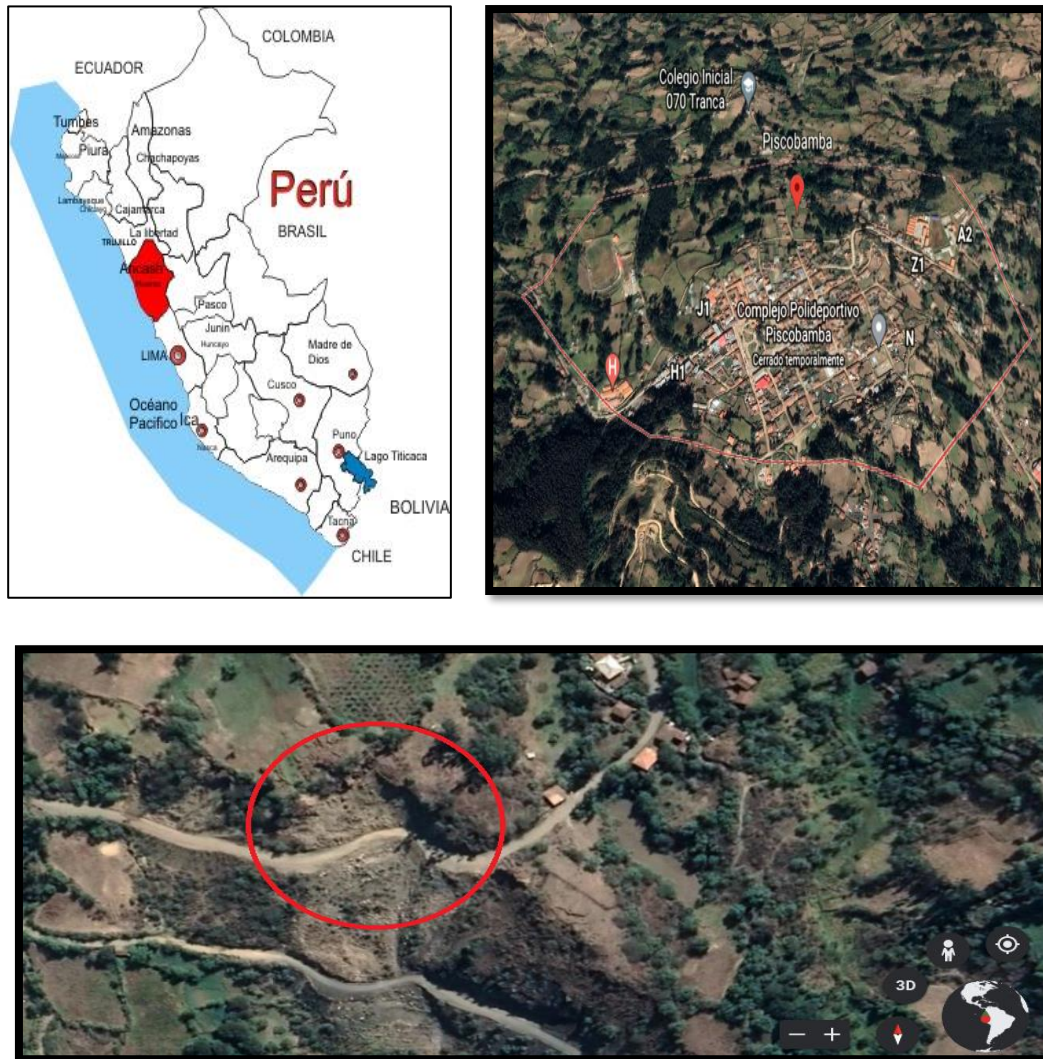


Figura 1. Localización y ubicación política de la zona de estudio.

Fuente: Google gearth.

4.1.1.2. Topografía de la zona de estudio

Se realizó un levantamiento topográfico con Dron, obteniendo un modelo digital del terreno, donde se generó un perfil longitudinal y

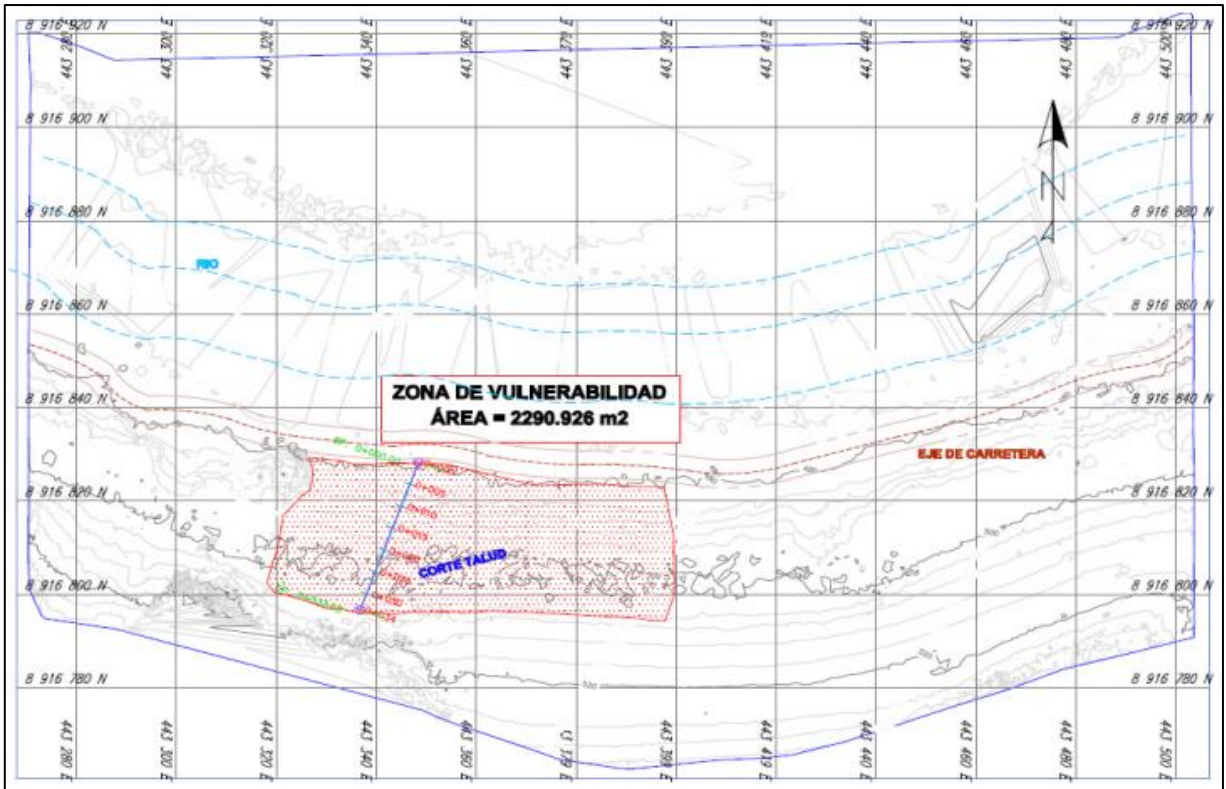


Figura 2. Plano topográfico de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Del estudio topográfico se obtiene la siguiente información importante para la calificación geotécnica de la zona de estudio.

Tabla 1. Características geométricas del talud.

PARÁMETRO	UNIDAD	TALUD EN ESTUDIO
Pendiente media	%(°)	73.73(36.40) (1.4H:1V)
Distancia vertical (pie a cabeza)	M	19.85
Distancia horizontal	M	33.50
Ancho de escarpe	M	80.20

Fuente: Elaboración propia.

La pendiente juega un papel importante en la inestabilidad del terreno. Los parámetros más importantes que describen el terreno en pendiente incluyen la pendiente natural promedio, la distancia vertical desde el pie hasta la pendiente, la distancia horizontal y el ancho de la pendiente pronunciada.

4.1.1.3. Condición actual del talud en estudio

Al día de la recopilación de los datos, el ancho y largo escarpado del talud estudiado fue de aproximadamente 80,20 m, y la altura de la parte central de la cabeza a los pies alcanzó los 19,85 m. La distancia horizontal es 33,50 m y la pendiente es 36,40°. En esta ladera se produjeron deslizamientos de tierra y erosión, por lo que se puede apreciar que este es un problema que tiene que ser resuelto.

En este sentido, se recomienda perforar al menos tres agujeros en la pendiente. El número de hoyos se puede aumentar según el tamaño de la pendiente. Puede hacer un agujero en la cresta, la profundidad es aproximadamente 1,5 veces la altura de la pendiente, y la otra mira hacia el medio de la pendiente, la profundidad es equivalente a la altura de la pendiente y, finalmente, use una profundidad de aproximadamente 1/3 de su altura anterior o pasar por muestreo por excavación al aire libre.

Se realizó 4 muestras al azar del terreno en la cabeza y pie de su talud.

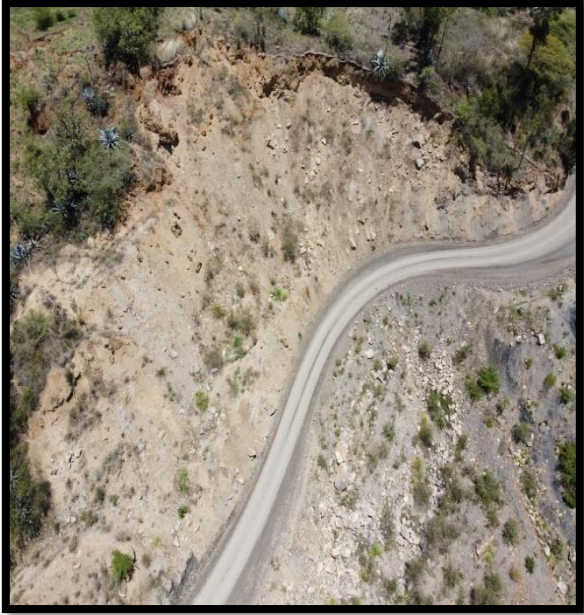


Figura 3. Muestreo del área de estudio.





Figura 4. Caracterización del suelo del talud en estudio

Después de caracterizar el suelo se utilizó el registro de campo, se determinó la estratigrafía del talud.

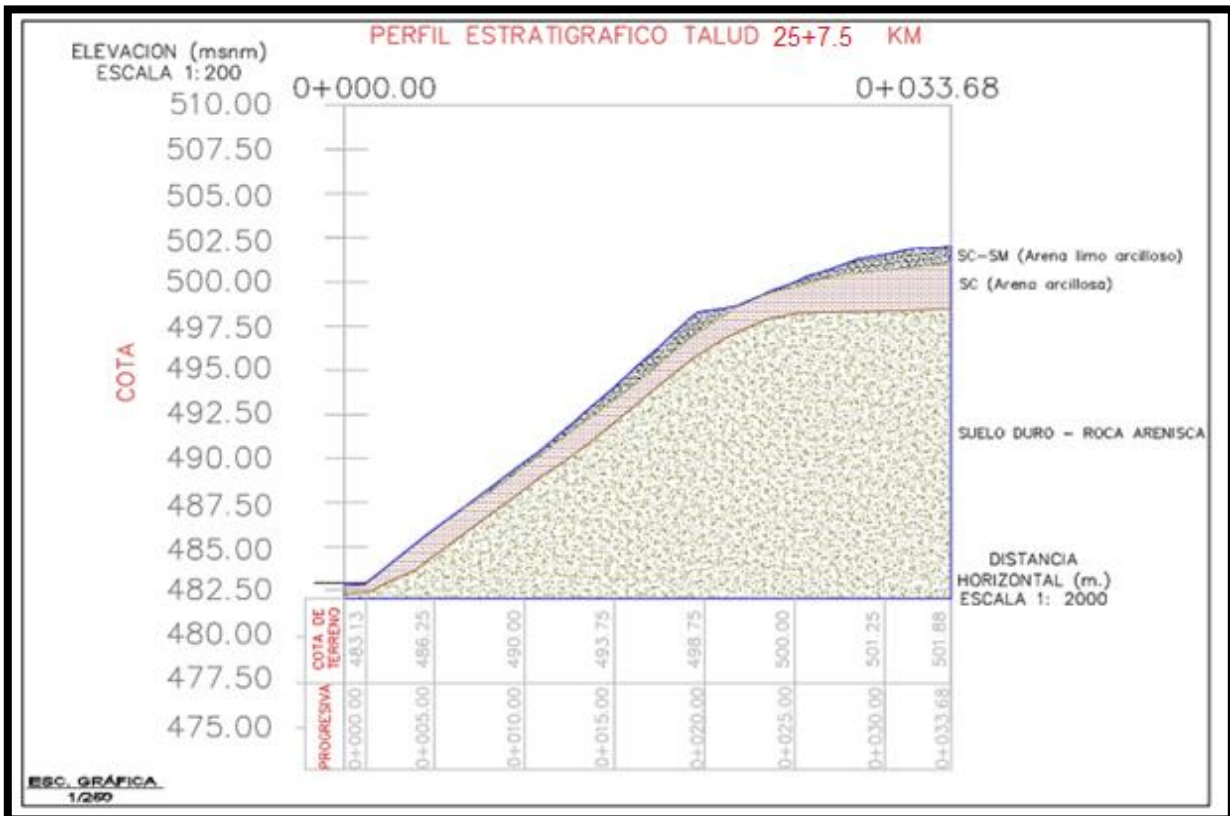


Figura 5. Perfil estratigráfico del talud en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Como resumen el suelo esta constituido por suelos de media cohesividad (arenas con arcillas), y estratos de baja cohesividad (arenas limosas). Debajo de ellas, existe un suelo de alta cohesividad (suelo duro - roca arenisca). Se observó los mismos problemas en zonas adyacentes con el riesgo de deslizamientos.

4.1.2. Estudio Hidrológico de la zona de estudio

Tabla 2. Resumen del cálculo de la precipitación registrada semanal.

RESUMEN DEL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN					
MEDIA					
Departamento :	ANCASH	Provincia :	MARISCAL LUZURIAGA	Distrito :	PISCOBAMBA
Latitud :	8° 49'14" S	Longitud :	77° 27' 37"	Altitud :	3,320 metros msnm.
Mes/2021	Precipitación registrada mensual (mm)				
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	PROMEDIO (mm)
ABRIL	302.30	446.30	422.30	17.90	297.20
	234.40	288.60	379.30	568.30	367.65
	277.40	336.50	252.30	321.40	296.90
	110.00	368.50	201.00	0.00	169.88
MAYO	115.90	210.20	104.40	446.30	219.20
	6.60	9.40	19.60	297.20	83.20
	15.30	61.70	15.70	45.80	34.63
	30.10	88.50	53.70	216.60	97.23
JUNIO	133.90	141.60	54.40	109.40	109.83
	112.10	326.00	174.80	260.70	218.40
	128.3	258.7	430.8	92.7	227.63
	265.1	365	330.1	320.1	320.07
JULIO	347.7	324.1	131	267.6	267.60
	227.6	340.5	385.4	317.8	317.83
	188.2	329.5	219.6	245.8	245.77
	175.8	167.6	165.1	169.5	169.50
AGOSTO	32.8	119.6	27	59.8	59.80
	78.4	111.3	125.6	105.1	105.10
	58.6	69.4	69.9	66.0	65.97
	75.1	162.3	55.9	97.8	97.77
SETIEMBRE	27.7	52.1	55.4	45.1	45.07
	188.9	408.5	314	401.7	328.28
	146.9	342.1	296.3	59.1	211.10
	302.4	444.8	86.4	273.9	276.88
OCTUBRE	306.7	408.4	578.1	110.9	351.03
	313.6	259.5	302.7	291.9	291.93
	192.6	502.2	280.6	325.1	325.13
	82.8	142.4	131.3	118.8	118.83
TOTAL	83.1	167.3	77.5	190.6	129.63

Según muestra la tabla, la precipitación media mensual se obtuvo de las 4 estaciones meteorológicas cercanas, que permitieron obtener el registro de precipitaciones.

Tabla 3. precipitación media – promedio aritmético

Datos meteorológicos MARISCAL LUZURIAGA				
Departamento :	ANCASH	Provincia :	MARISCAL LUZURIAGA	Distrito: PISCOBAMBA
Latitud :	8° 49'14" S	Longitud :	77° 27' 37'	3,320 metros msnm.

Tabla 4. Precipitación media – promedio aritmético

Mes /2021	Precipitación media – aritmética (mm)		Precipitación media (m/día)
	Mes	Día	
Ene 2019	297.20	9.59	0.00959
Feb 2019	367.65	13.13	0.01313
Mar 2019	296.90	9.58	0.00958
Abr 2019	169.88	5.66	0.00566
May 2019	219.20	7.07	0.00707
Jun 2019	83.20	2.77	0.00277
Jul 2019	34.63	1.12	0.00112
Agos 2019	97.23	3.14	0.00314
Set 2019	109.83	3.66	0.00366
Oct 2019	218.40	7.05	0.00705
Nov 2019	227.63	7.59	0.00759
Dic 2019	320.07	10.32	0.01032
Ene 2020	267.60	8.63	0.00863
Feb 2020	317.83	11.35	0.01135
Mar 2020	245.77	7.93	0.00793
Abr 2020	169.50	5.65	0.00565
May 2020	59.80	1.93	0.00193
Jun 2020	105.10	3.50	0.00350
Jul 2020	65.97	2.13	0.00213
Ago 2020	97.77	3.15	0.00315
Set 2020	45.07	1.50	0.00150
Ene 2020	297.20	9.59	0.00959
Feb 2020	367.65	13.13	0.01313
Mar 2020	296.90	9.58	0.00958
Oct 2020	328.28	10.59	0.01059
Nov 2020	211.10	7.04	0.00704
Dic 2020	276.88	8.93	0.00893

Ene 2020	351.03	11.32	0.01132
Oct 2020	328.28	10.59	0.01059
Nov 2020	211.10	7.04	0.00704
Dic 2020	276.88	8.93	0.00893
Ene 2021	351.03	11.32	0.01132
Oct 2021	328.28	10.59	0.01059
Feb 2021	291.93	10.43	0.01043
Mar 2021	325.13	10.49	0.01049
Abr 2021	118.83	3.96	0.00396
May 2021	129.63	4.18	0.00418
Jun 2021	84.18	2.81	0.00281
Jul 2021	112.25	3.62	0.0036
Ago 2021	20.40	0.66	0.00066
Set 2021	112.18	3.74	0.00374

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4 el mes donde se registra un mayor promedio de lluvias es febrer.o



Figura 6. Histograma a de precipitación media

Fuente: Elaboración propia

De la figura 6 rescatamos que los meses con mayor influencia de precipitaciones son los meses de verano, los cuales coinciden con el aumento de derrumbes en la zona de estudio.

Tabla 5. Datos meteorológicos Mariscal Luzuriaga

Datos meteorológicos MARISCAL LUZURIAGA				
Departamento :	ANCASH	Provincia :	MARISCAL LUZURIAGA	Distrito: PISCOBAMBA
Latitud :	8° 49'14" S	Longitud :	77° 27' 37'	Altitud : 3,320 msnm.
Datos generales				
Parametro	Descripción			
Orografía	Ondulada			
Cobertura característica del suelo	Pastos y vegetación ligera			
Pendiente media del talud	73.73%			
PERMEABILIDAD SATURADA (Ks)	2.037E-05		m/s	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Coeficiente de escorrentía en la zona de estudio.

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada > 50%	Alta >20%	Media >5%	Suave >1%	Despreciable <1%
Sin vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
Cultivos	Impermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4		0.3	0.25	0.2
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
Hierba, grama	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Ce= 0.55

Fuente: (METC, 2019)

De la tabla 6, se resalta la condición del coeficiente de escorrentía el cual tiene un valor de 0.55. Esto lo podemos interpretar en que un 45% de la precipitación es infiltrada. Este resultado manifiesta tenemos una condición favorable para la siembra de pino.

Tabla 7. Precipitación efectiva media en la zona de estudio

PRECIPITACIÓN EFECTIVA:				
Día/mes/año	Precipitación media (mm)		Precipitación efectiva media (mm)	
	/mes	/día	/mes	/día
Ene 2019	297.200	9.587	163.46000	5.27290
Feb 2019	367.650	13.130	202.20750	7.22170
Mar 2019	296.900	9.577	163.29500	5.26758
Abr 2019	169.875	5.663	93.43125	3.11438
May /2019	219.200	7.071	120.56000	3.88903
Jun 2019	83.200	2.773	45.76000	1.52533
Jul /2019	34.625	1.117	19.04375	0.61431
Ago 2019	97.225	3.136	53.47375	1.72496
Set 2019	109.825	3.661	60.40375	2.01346
Oct 2019	218.400	7.045	120.12000	3.87484
Nov 2019	227.625	7.588	125.19375	4.17313
Dic 2019	320.067	10.325	176.03667	5.67860
Ene 2020	267.600	8.632	147.18000	4.74774
Feb 2020	317.833	11.351	174.80833	6.24315
Mar 2020	245.767	7.928	135.17167	4.36038
Abr 2020	169.500	5.650	93.22500	3.10750
May 2020	59.800	1.929	32.89000	1.06097
Jun 2020	105.100	3.503	57.80500	1.92683
Jul 2020	65.967	2.128	36.28167	1.17038
Ago 2020	97.767	3.154	53.77167	1.73457
Set 2020	45.067	1.502	24.78667	0.82622
Ene 2020	328.275	10.590	180.55125	5.82423
Feb 2020	211.100	7.037	116.10500	3.87017
Mar 2020	276.875	8.931	152.28125	4.91230
Oct 2020	351.025	11.323	193.06375	6.22786
Nov 2020	291.933	10.426	160.56333	5.73440
Dic 2020	325.133	10.488	178.82333	5.76849
Ene 2020	118.833	3.961	65.35833	2.17861
Oct 2020	129.625	4.181	71.29375	2.29980
Nov 2020	84.175	2.806	46.29625	1.54321
Dic 2020	112.250	3.621	61.73750	1.99153
Ene 2021	20.400	0.658	11.22000	0.36194
Oct 2021	112.175	3.739	61.69625	2.05654
Feb 2021	164.250	5.298	90.33750	2.91411
Mar 2021	248.675	8.289	136.77125	4.55904

Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Histograma de precipitación media efectiva

Fuente: Elaboración propia

De la figura 7, podemos visualizar que la precipitación máxima es de 7.3 mm/día, la precipitación mínima es de 0.4 mm /día en promedio. Con estos datos se obtiene un caudal de riego de 0.001 m³ por metro lineal por fila de arboles, o 3.33 ltrs por metro cuadrado, debido a que tenemos 0.15 m de ancho de riego. Se recomienda no descuidar el riego durante los meses con menos precipitaciones (por ejemplo, agosto).

Tabla 8. Tasa de infiltración media de la zona de estudio

TASA DE INFILTRACIÓN				
Día/mes/año	Precipitación media (mm)		Precipitación efectiva media (mm)	
	/mes	/día	/mes	/día
01/01/2019	133.740	4.314	0.00431	133.740
01/02/2019	165.443	5.909	0.00591	165.443
01/03/2019	133.605	4.310	0.00431	133.605
01/04/2019	76.444	2.548	0.00255	76.444
01/05/2019	98.640	3.182	0.00318	98.640
01/06/2019	37.440	1.248	0.00125	37.440
01/07/2019	15.581	0.503	0.00050	15.581
01/08/2019	43.751	1.411	0.00141	43.751
01/09/2019	49.421	1.647	0.00165	49.421
01/10/2019	98.280	3.170	0.00317	98.280
01/11/2019	102.431	3.414	0.00341	102.431
01/12/2019	144.030	4.646	0.00465	144.030
01/01/2020	120.420	3.885	0.00388	120.420

01/02/2020	143.025	5.108	0.00511	143.025
01/03/2020	110.595	3.568	0.00357	110.595
01/04/2020	76.275	2.543	0.00254	76.275
01/05/2020	26.910	0.868	0.00087	26.910
01/06/2020	47.295	1.577	0.00158	47.295
01/07/2020	29.685	0.958	0.00096	29.685
01/08/2020	43.995	1.419	0.00142	43.995
01/09/2020	20.280	0.676	0.00068	20.280
01/01/2020	147.724	4.765	0.00477	147.724
01/02/2020	94.995	3.167	0.00317	94.995
01/03/2020	124.594	4.019	0.00402	124.594
01/10/2020	157.961	5.096	0.00510	157.961
01/11/2020	131.370	4.692	0.00469	131.370
01/12/2020	146.310	4.720	0.00472	146.310
01/01/2020	53.475	1.783	0.00178	53.475
01/10/2020	58.331	1.882	0.00188	58.331
01/11/2020	37.879	1.263	0.00126	37.879
01/12/2020	50.513	1.629	0.00163	50.513
01/01/2021	9.180	0.296	0.00030	9.180
01/10/2021	50.479	1.683	0.00168	50.479
01/02/2021	73.913	2.384	0.00238	73.913
01/03/2021	111.904	3.730	0.00373	111.904

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza en la tabla 8, que su tasa máxima de infiltración es de 0.00591 m/día.

4.1.2. Propiedades físicas del suelo de talud

Se ha obtenido un número suficiente de muestras de material representativo de los taludes para que se puedan realizar las correspondientes pruebas de laboratorio, que se almacenan adecuadamente y se trasladan al laboratorio, siguiendo los procedimientos de la norma NTP 339.151 - prácticas estándar. Almacenamiento y transporte.

Se realizó la toma de muestras entre 0.5 y 1.0 m para las calicatas C-01 y C-02, y 1.0 a 1.5 m para las calicatas C-03 y C-04, los ensayos de laboratorio están incluidos en anexos.

4.1.2.1. Contenido de humedad

Tras los ensayos de laboratorio se obtuvieron los datos de humedad de suelo en porcentaje, los cuales son resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 9, Contenido de humedad del suelo

Humedad de suelo (%)				
Calicata	N° muestras			Promedio
	MT 1	MT 2	MT3	
Cali - 01	11.83	11.58	11.82	11.74
Cali - 02	11.70	11.65	11.76	11.71
Cali - 03	15.83	15.79	15.84	15.82
Cali - 04	15.89	15.82	15.83	15.85

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2. Análisis granulométrico por tamizado

Se resume los resultados de laboratorio correspondientes, y se determino su aporte específico de gravas, arenas, finos para la muestras:

Tabla 10. Resumen de análisis granulométrico del suelo

Malla	Pasante acumulado				
	Abertura	N° calicata			
Tamiz		C-01	C-02	C-03	C-04
3"	76.200	100.0	100.0	100.0	100.0
2 1/2"	63.500	100.0	100.0	100.0	100.0
2"	50.800	100.0	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	38.100	100.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.400	97.3	96.1	98.4	98.1
3/4"	19.050	91.4	90.1	94.6	94.6
1/2"	12.700	88.3	86.8	92.4	92.4
3/8"	9.525	82.8	80.8	87.0	86.7
N° 4	4.760	78.2	75.8	82.5	81.9
N° 10	2.000	67.1	64.4	71.7	70.5
N° 20	0.840	55.2	52.3	62.4	62.1

N° 40	0.426	-	-	54.8	55.2
N° 100	0.149	34.8	33.4	50.1	50.9
N° 200	0.074	-	-	42.6	42.8

Fuente: Elaboración propia

Así mismo se procede a clasificar en porcentaje de las muestras de cada calicata:

Tabla 11. Porcentaje granulométrico de suelo

% GRANULOMÉTRICO DEL SUELO			
Calicata	Grava 3" – N° 4	Arena N° 4 – N°200%	Finos < N° 200%
Cali - 01	32.86	45.62	21.52
Cali - 02	35.58	44.96	19.46
Cali - 03	28.34	33.84	37.81
Cali - 04	29.49	32.87	37.63

Fuente: Elaboración propia

Podemos concluir que las muestras tienen mayor presencia de arenas.

4.1.3.3. Límites de Atterberg

Se encontró el límite líquido y plástico de la muestra, así mismo, índice de plasticidad.

Tabla 12. Resultados del límite líquido, plástico e índice de plasticidad

Calicata	LÍMITE LÍQUIDO LL(%)	LÍMITE PLÁSTICO LP(%)	ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD IP (%)
Cali - 01	25.98	19.74	6.23
Cali - 02	25.93	19.67	6.27

Cali - 03	32.70	21.77	10.94
Cali - 04	32.73	21.73	11.00

Fuente: Elaboración propia

Se muestran los límites de consistencia del suelo en los cuatro pozos, se concluye que las muestras tiene una plasticidad moderada, la cual se basa en la tabla de plasticidad de Casagrande.

4.1.3.4. Peso volumétrico del suelo

Tras realizar los ensayos con el método de parafina se halló el peso volumétrico del suelo.

Tabla 13. Resultado del peso unitario del suelo

PESO UNITARIO DEL SUELO (gr/cm³)				
Calicata	N° muestras			Promedio
	MT 1	MT 2	MT3	
Cali - 01	1.79	1.77	1.80	1.79
Cali - 02	1.75	1.73	1.71	1.73

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.5. Clasificación del suelo según el método SUCS y AASHTO

En esta propiedad del suelo se encontró con el método SUCS, para este método se consideró los porcentajes pasantes en las mallas N°4, N°200. Y para la clasificación por el método AASHTO se consideró las mallas N°10,40,200, los límites líquido, plástico y el índice de grupo IG.

Tabla 14. Clasificación de muestras de suelo representativas.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SUCS				
Calicata	C-1	C-2	C-3	C-4
Grava 3" - N° 4	32.86 %	35.58 %	28.34 %	29.49 %
Arena N° 4 - N°	45.62 %	44.96 %	33.84 %	32.87 %

200				
Finos < N° 200	21.52 %	19.46 %	37.81 %	37.63 %
Límite Líquido (LL)	25.98 %	25.93 %	32.70 %	32.73 %
Límite Plástico (LP)	19.74 %	19.67 %	21.77 %	21.73 %
Índice Plástico (IP)	6.23 %	6.27 %	10.94 %	11.00 %
Clasificación SUCS	SC-SM	SC-SM	SC	SC
Denominación	Arena Limo-Arcillosa	Arena Limo-Arcillosa	Arena Arcillosa	Arena Arcillosa
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO				
Porcentaje que pasa N° 10 (2 mm)	55.20%	52.30%	62.40%	62.10%
Porcentaje que pasa N° 40 (0.425 mm)	34.80%	33.40%	50.10%	50.90%
Porcentaje que pasa N° 200 (0.075 mm)	21.50%	19.50%	37.80%	37.60%
Índice de Grupo (IG)	0	0	1	1
Clasificación AASHTO	A-1-b (0)	A-1-b (0)	A-6 (1)	A-6 (1)
Denominación	Grava con Arena Limosa	Grava con Arena Limosa	Grava con Arena Arcillosa	Grava con Arena Arcillosa

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Resultados de ensayos de corte directo sin presencia de raíces de pinos

Calicata C-01

Tabla 15. Parámetros de resistencia de la calicata

Ensayo de corte	Espécimen	Fuerza (kg)	Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)
Valores obtenidos	1	2	0.56	0.21
	2	4	1.11	0.53
	3	8	2.22	0.85

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°15 se utiliza los esfuerzos normales y de corte para hallar la cohesión y ángulo de fricción (vea la tabla 16)

Tabla 16. Resumen de Parámetros de Resistencia sin presencia de raíces de pinos.

PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO			
Calicata	SUCS	Cohesión C (kg/cm ²)	Ángulo de fricción Ø (°)
C-01, C-02	SC-SM	0.0503	20.41
C-03, C-04	SC	0.0538	19.14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Efecto de las raíces sobre la cohesión y el ángulo de fricción.

PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO				
Calicata	SUCS	Muestra	Cohesión C (kg/cm ²)	Ángulo de fricción Ø (°)
C-01,C-02	SC-SM	Sin raíces	0.0503	20.41
C-01,C-02	SC-SM	Con raíces	0.0404	22.41
Variación %			19.68%	9.80%
C-03,C-04	SC	Sin raíces	0.0538	19.14
C-03,C-04	SC	Con raíces	0.0382	24.61
Variación %			29.00%	28.58%
Promedio de variación %			24.34%	19.19%

Fuente: Elaboración propia

Resumiendo la tabla 17 podemos rescatar que con la presencia de las raíces en los poros de suelo disminuye la cohesión en un 24.34% y aumenta su ángulo interno de fricción en 19.19%. Ello demuestra que las raíces de los pinos sembrados elevan la resistencia a cortante del suelo.

En la tabla 18 se muestran cómo aumenta la resistencia al cortante con la presencia de raíces para los varios tipos de cargas normales.

Tabla 18. Factores de seguridad sin y con la técnica de bioingeniería.

RESISTENCIA AL ESFUERZO DE CORTE DEL SUELO						
Calicata	C-01, C-02			C-03, C-04		
Espécimen	2kg	4kg	8kg	2kg	4kg	8kg
Esfuerzo Normal σ_n (kg/cm ²)	0.56	1.11	2.22	0.56	1.11	2.22
Esfuerzo cortante τ (kg/cm ²) Sin presencia de raíces de Pino	0.21	0.53	0.85	0.21	0.50	0.81
Esfuerzo cortante τ (kg/cm ²) Con presencia de raíces de Pino	0.23	0.57	0.93	0.20	0.49	0.97
Aumento %	6.71 %	6.12 %	9.45 %	-2.72 %	-1.14 %	20.74 %

FACTOR DE SEGURIDAD		
Zona de estudio	Análisis de estabilidad estático	
	Bishop (F.S.)	Janbú (F.S.)
Sin Bioingeniería de Pinos	0.905	0.881
Con Bioingeniería de Pinos	1.504	1.444
Incremento (%)	66.19	63.90
Análisis de estabilidad pseudoestático		
Sin Bioingeniería de Pinos	0.751	0.728
Con Bioingeniería de Pinos	1.278	1.218
Incremento (%)	70.17	67.31
Promedio (%)	68.18	65.61

Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se logró estudiar el estado actual del talud en la progresiva es de 25+750 km de la carretera Piscobamba, encontrando un talud inestable con deslizamientos, erosiones. El área estudiada es de un suelo limo-arcilloso, con una pendiente promedio de 36.4°, con su altura vertical desde el pie del talud a su cresta de 19.85m, una longitud en su base de 33.50 m y un ancho total de la zona

vulnerable de 80.20 m. A través de los ensayos realizados en laboratorio se ratifico la presencia de un talud inestable, siendo un escenario favorable para la aplicación de la bioingeniería en este caso se aplico plantaciones de pino por las características del geotecnicas del talud. Reafirmandose las conclusiones de la investigación realizada por Suárez & Rodrigo, (2019) donde se encontró que para una inclinación cercana a 25.11° y una horizontal de pie a cabeza de 150m, los taludes con suelos finos son inestables. Se demuestra, como se planteó en la hipotesis el objetivo de la investigación que la bioingeniería es la opción más adecuada para la solución la inestabilidad de los taludes.

Para los estratos de suelo del talud se evidenció que la caracterización física y mecánica del suelo eran de estrato de arena limo-arcilloso, su grado de cohesión de 0.0503 kg/cm^2 y ángulo de fricción de 20.41° . El estrato de arena arcillosa (SC) con grado de cohesión de 0.0538 kg/cm^2 y ángulo de fricción de 19.14° . Ambos resultados responden al talud en su proceso inicial. Mientras que en la segunda instancia considerando el mejoramiento con las raíces de pino, para el estrato del suelo (SC-SM) cambia, El grado de cohesión de 0.0404 kg/cm^2 y ángulo de fricción de 22.41° . El estrato de suelo (SC) determinó un grado de cohesión de 0.0382 kg/cm^2 y ángulo de fricción de 24.61° ; lo que demuestra que, el grado de cohesión disminuye en un 24.34%. Con la acción de la tensión de la raíz del pino, aumentó significativamente y el ángulo de fricción del suelo aumentó en un 19,19%. De manera similar, el esfuerzo cortante en el suelo aumentará para cargas normales de 2 kg y 4 kg; pero en los especímenes de carga normal de 8 kg, la formación (SC-SM) aumenta en un porcentaje de 9.45%, y la situación más favorable ocurre en formación (SC), hay un aumento del 20,74% en la muestra de carga normal de 8 kg. Estos resultados demostrados coinciden con el estudio de Sanchez (2019), donde se encontró el incremento de las propiedades mecánicas del suelo micorrizas potenciando la acción radicular y su posterior mejora. La estabilidad de la pendiente, por lo tanto, es factible utilizar pinos para el control. Erosión de taludes porque mejora la resistencia al corte de taludes del suelo.

Referente a los factores de seguridad de estabilidad de talud, con la aplicación de la técnica de bioingeniería esta mejoró, de 1.504 y 1.444 para un análisis en condición estática y un factor de seguridad de 1.278 y 1.218 para condición pseudoestático. Con relación a los resultados obtenidos coinciden con Castellano (2017) luego de realizar una serie de estudios para reducir el riesgo de deslizamientos de tierra a gran escala en la zona por erosión laminar, viento y escorrentía, la OMS determinó que la siembra de Pinos ha mejorado las condiciones mecánicas y de seguridad de los taludes estudiados. Por lo tanto, en resumen, la tecnología de bioingeniería puede usar pinos para cambiar el coeficiente de estabilidad de taludes, lo que tiene consistencia en la mejora de las propiedades mecánicas del suelo y diferentes coeficientes de estabilidad y seguridad. El porcentaje de cambio indica que se ha logrado el propósito de la encuesta.

Los resultados de estabilidad se determinaron en base a las propiedades del suelo y mediante la aplicación de la técnica de bioingeniería empleando plantaciones de pino, obteniendo una variabilidad en los factores de estabilidad de 0.905 a 1.504 en condiciones estáticas; y 0.751 a 1.278 en condiciones pseudoestáticas, encontrándose mejoras de estabilidad en un 66% y 70%. Esta información se corrobora con la tesis de Castegnaro (2012) se ha encontrado experimentalmente que aumenta la resistencia al corte en suelos limosos y arcillosos altamente compresibles y suelos limosos arenosos utilizando raíces de vetiver; además, es una forma económica y rentable de evaluar la influencia de las raíces en la estabilidad de taludes, camino. De acuerdo con el propósito del artículo, la variabilidad de la estabilidad de taludes se puede identificar mediante el uso de Pinos para bioingeniería y se propone una nueva alternativa de estabilidad de taludes.

V. CONCLUSIONES

- Se realizó la evaluación la estabilidad del talud ubicado en km 25+750 en la carretera Piscobamba, la textura del suelo fue arenoso – arcillosos, con una pendiente de talud de 73.73% (36.40), una longitud vertical del pie a la cabeza de 19.85 m, una longitud horizontal de 33,50 m, un ancho de pendiente pronunciada de 80,20 m y con una sección longitudinal cóncava semirecta. Del plano de falla de la superficie se determinó un factor de seguridad de estabilidad de 0.905 en condiciones estáticas y 0.751 en condiciones pseudoestáticas.
- Las propiedades físicas y mecánicas del suelo en el talud hacen uso de raíces de plantaciones de pino, se obtuvo un grado de cohesión de 0.0382 kg/cm² y ángulo de fricción 22.41° para el estrato de suelo SC-SM, 0.0382 kg/cm² de grado de cohesión y 24.61° de ángulo de fricción para el estrato de SC.
- Los parámetros obtenidos al inicio de la investigación fueron: textura del suelo arena limo-arcillosa (SC-SM), con 0.0503 kg/cm² de grado de cohesión y 20.41° de ángulo de fricción; para el estrato de arena arcillosa (SC), se presentó un grado de cohesión de 0.0538 kg/cm² y ángulo de fricción de 19.14°.
- Comparando ambos resultados se identificó un incremento del 19.19%; se presentó diferentes cargas normales en el impacto de las raíces sobre la resistencia al corte del suelo, mostrando una tendencia al incremento considerablemente para los estratos de SC-SM y SC, para las muestras de 2 kg y 4 kg aumenta insignificadamente, sin embargo para las muestras de 8 kg aumentó un 9.45% y 20.74% consecutivamente.
- Se determinó los factores de seguridad de la estabilidad de talud con la técnica de bioingeniería, obteniendo una estabilidad de 1.504 y 1.444 para el análisis en condición estática. La aplicación de esta técnica mejoró la estabilidad del talud utilizando pinos en un 66% y 70% para condiciones estáticas y pseudoestático (método Bishop) y en un 64% y 67% para condiciones estáticas y pseudoestático (método Janbú). Concluyendose que

al implementar con plantones de pino el talud se vuelve mas estable, controlando la erosión.

VI. RECOMENDACIONES

- Al realizar la investigación geotécnica los equipos deben ser calibrados para que los resultados sean más confiables y precisos para un resultado más refinado, con el propósito de proponer una solución global al problema de estabilidad de taludes.
- Se debe realizar los ensayos de laboratorio por cada tipo de estrato de suelo identificado, porque existen diferentes tamaños de las partículas.
- Se recomienda realizar ensayos de corte directo y ensayos de tensión se raíces.
- Se recomienda aplicar esta técnica de bioingeniería para controlar la erosión del suelo y estabilizar los taludes, para una mejor aplicación de esta técnica se debe considerar la correcta realización de los trabajos previos, distanciamiento entre plantones y por ultimo el mantenimiento constante.

REFERENCIAS

- Barrantes, V. (sf). Subdirección de Análisis de Riesgos y Efectos del Cambio Climático. Lineamientos para el desarrollo de estructuras con técnicas de bioingeniería como alternativa para la mitigación de riesgos.
- Bedoya, A. (2013). La tecnología de bioingeniería y el control natural de erosión en Colombia
- Escobar C. (1998). “Especies vegetales” Manual para el control de la erosión. CorpocaldasInvías p 153-164.
- Flórez, G. (2014). Efectividad de la bioingeniería para el tratamiento de la erosión y los movimientos en masa en laderas. Tesis de Maestría: Universidad de Manizales.
- Hernández, L.Suescún, E. (2016). Manual de obras de bioingeniería en zonas de ladera con procesos de remoción de masas para altitudes superiores a 3000 M.S.N.M. El caso de la localidad de Sumapaz, Bogotá D.C. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería: Programa de Ingeniería Civil Trabajo de grado. Bogotá.
- Angarita, M., & Calderón, M. R. (2018). Diseño e implementación de obras de bioingeniería en la vereda Las Lajas del municipio Supatá—Cundinamarca como una alternativa para el manejo de aguas de escorrentía y recuperación de suelos degradados. Ingeniería Ambiental y Sanitaria. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/749
- Ayala, P., & Daniela, L. (2019). Diseño de alternativa para la estabilización de talud, empleado bioingeniería para la vía que conduce a la escuela rural de la vereda pérdida alta del municipio de cimitarra santander [Thesis]. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2669>
- Díaz, C. (2020). Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/38548>
- Dows, M., & Cooperación, S. (2017). Manual De Bioingeniería. <https://www.unisdr.org/files/globalplatform/>

- Hernández, T., & Lacaba, R. G. (2017). Control de erosión mediante bioingeniería en presas de colas de la industria del níquel. *Minería y Geología*, 30(4), 55-69.
- Mendoza, C. D. (2018). Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. *Ingeniería e Investigación*, 31(3), 80-90.
- Miranda, F. de M. G. (2019). Bioingeniería aplicada en la estabilización de taludes en Guatemala (p. 1) [[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universidad de Almería]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=285266>
- Mogollón, J. P., Rivas, W., Rivas, J. G., & Martínez, A. (2017). Procesos de degradación de suelos asociados a la desertificación en la península de Paraguaná, Venezuela. *Ágora de Heterodoxias*, 3(2), 94-110.
- Pillpa, S., & Nelson, J. (2019). Estabilización de taludes mediante la técnica de bioingeniería con cultivo de pastos vetiver en zonas tropicales, año 2019. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9325>
- Ramajo, L. (2017). Manual de técnicas de estabilización Biotécnica en taludes de Infraestructuras de obra civil. Universidad de Córdoba. https://www.aopandalucia.es/inetfiles/resultados_IDI/GGI3000IDIS/memoria/M anualVersionFinal23En15.pdf
- Suárez, R., & Rodrigo, Y. (2019). Análisis de estabilidad de taludes aplicando diferentes técnicas de revegetalización [Trabajo de grado - Maestría, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3454>

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 2: REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

ANEXO 3: PLANO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

ANEXO 4: PLANO CLAVE DE LA ZONA DE ESTUDIO

ANEXO 5: PLANO ESTRATIGRÁFICO DEL TALUD

ANEXO 6: PLANO DE CALICATAS DEL TALUD

ANEXO 7: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS DE SUELOS EN LABORATORIO

ANEXO 8: CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

ANEXO 9: CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS DE CORTE DIRECTO SIN Y CON PRESENCIA DE RAÍCES DE PINOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN CARRETERAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA BIOINGENIERIA EMPLEANDO PLANTONES DE PINOS EN EL TRAMO PISCOBAMBA, DEPARTAMENTO DE ANCASH.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	DESARROLLO DE VARIABLES
¿En qué medida la aplicación de la técnica de bioingeniería empleando plantones de pino, mejorará la estabilización en carreteras en el tramo Piscobamba, departamento de Ancash?	Identificar la variabilidad de estabilidad del talud mediante la aplicación de la técnica de bioingeniería en carreteras empleando plantones de pino en el tramo Psicobamba, departamento de Ancash	La aplicación de la técnica de bioingeniería mediante las plantaciones de pino en carreteras mejora la estabilidad de taludes.	<p>Variable Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Técnica de bioingeniería empleando plantones de pino (condiciones de la propuesta de solución) <p>Variable Dependiente:</p>
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	
1. ¿En qué medida la condición actual del talud del tramo 25+750 km de la carretera Piscobamba – se ajusta para la aplicación de la técnica de bioingeniería empleando plantones de pino?	1. Identificar la condición actual de estabilidad del talud del tramo 25+750 km de la carretera Piscobamba – para la aplicación de la técnica de bioingeniería empleando plantones de pino	1. La condición actual de estabilidad que presenta el talud del tramo 25+750 km de la carretera Piscobamba –es de un tramo inestable, según las características del suelo y geométricas que presenta el talud.	
1. ¿Cuál es la magnitud de las	2. Determinar la magnitud de	2. En el talud de estudio los	

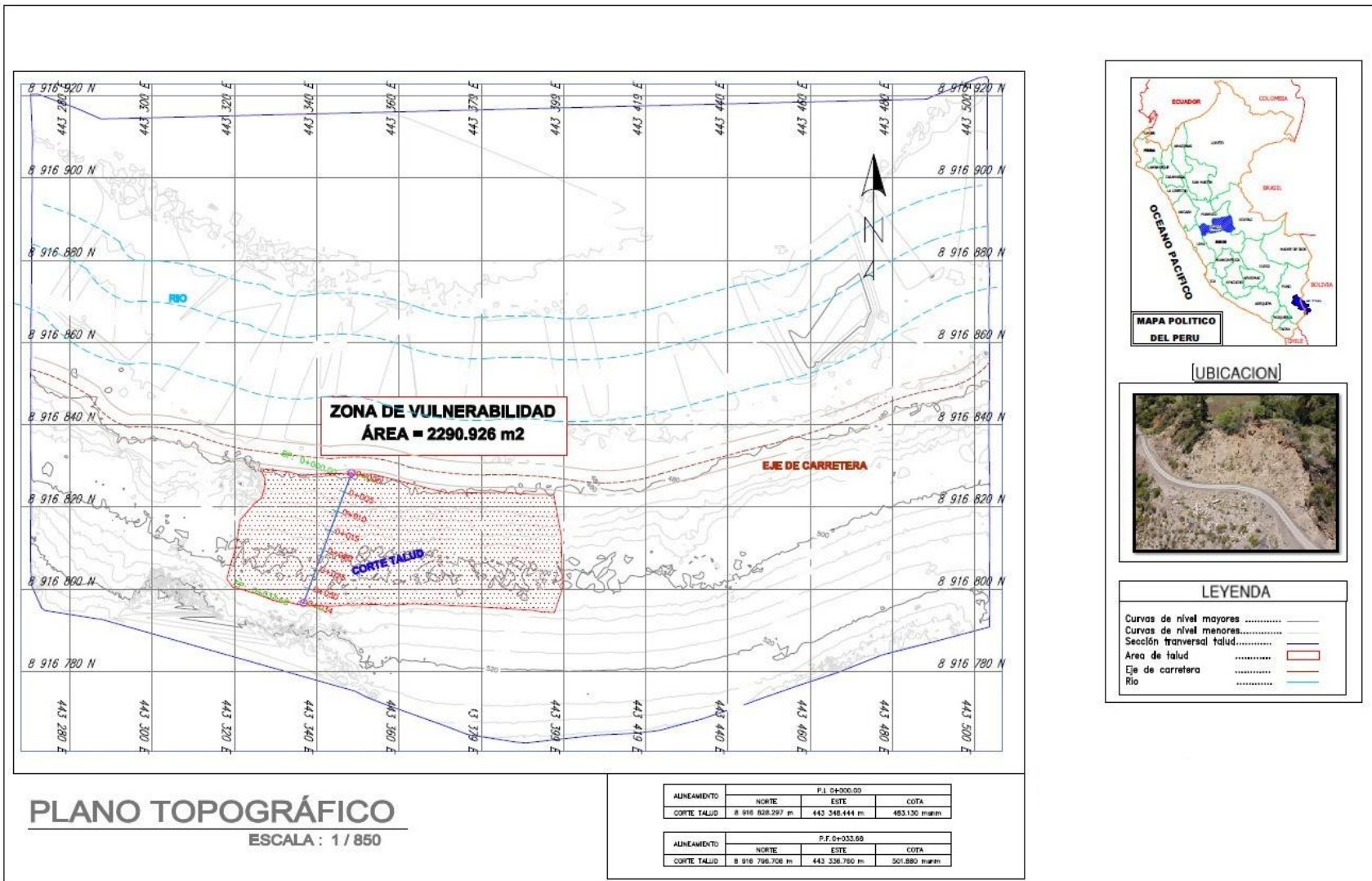
<p>características físicas y mecánicas del suelo del talud para la evaluación de aplicación de la técnica de bioingeniería empleando plantones de pino en la carretera tramo Piscombaba?</p>	<p>las características físicas y mecánicas del suelo del talud para la aplicación de la técnica de bioingeniería empleando plantones de pino en la carretera tramo Piscombaba.</p>	<p>suelos comunes son de mediana y alta cohesividad, cuya propiedad mecánica de resistencia aumenta en su magnitud con la aplicación de la técnica de bioingeniería empleando cultivos plantones de pino en la carretera tramo Piscombaba</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilización de taludes (condiciones actuales del talud)
<p>3. ¿En qué medida varía el factor de seguridad de estabilidad del talud con la aplicación de la técnica de bioingeniería empleando plantones de pino en la carretera tramo Piscobamba?</p>	<p>3. Calcular el porcentaje de variación del factor de seguridad de estabilidad del talud con la aplicación de la técnica de bioingeniería empleando plantones de pino en la carretera tramo Piscobamba.</p>	<p>3. El factor de seguridad de estabilidad del talud aumenta considerablemente debido a la aplicación de la técnica de bioingeniería empleando cultivo de plantones de pino en la carretera tramo Piscobamba</p>	

ANEXO 2: REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

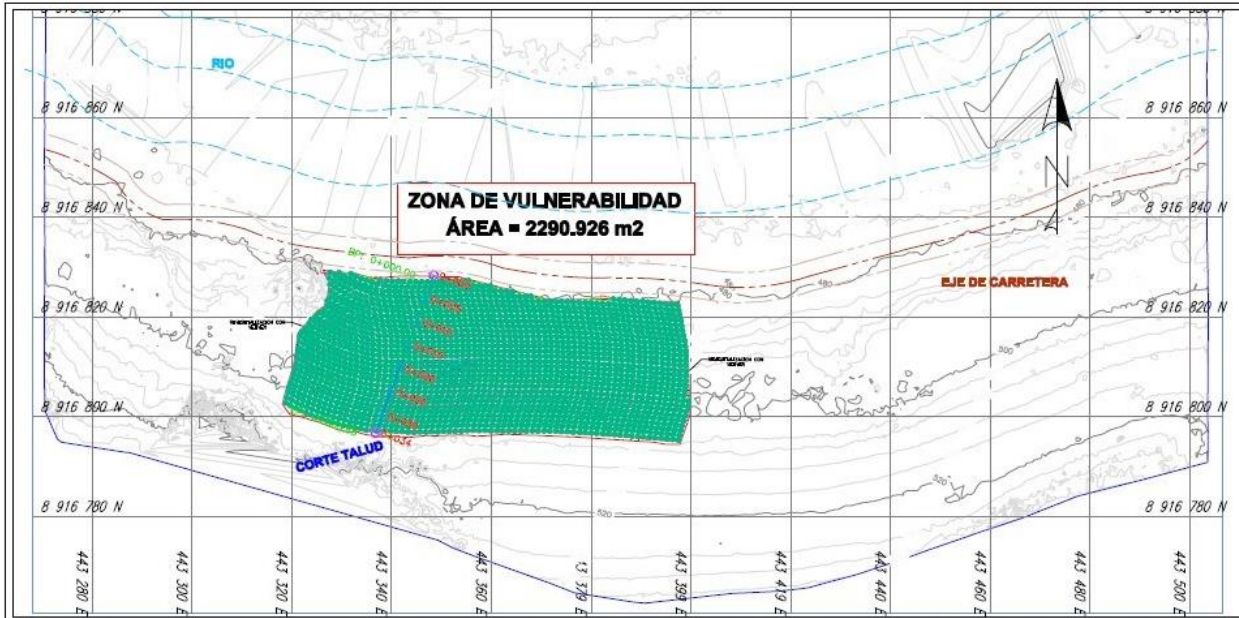


Figura 6: Levantamiento topográfico mediante fotogrametría con dron.
Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3: PLANO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO



- PLANO DE PLANTA PROYECTADA



ZONA DE VULNERABILIDAD
ÁREA = 2290.926 m²

EJE DE CARRETERA

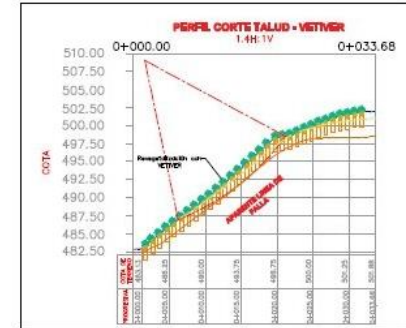
CORTE TALUD

PLANO ESTABILIZACION PROYECTADO
ESCALA : 1 / 850

P1: 04000.00		
ALINEAMIENTO	NORTE	ESTE
CORTE TALUD	8 916 628.297 m	443 348.444 m
		483.130 m elev

P/F: 04033.68		
ALINEAMIENTO	NORTE	ESTE
CORTE TALUD	8 916 796.706 m	443 336.780 m
		501.850 m elev

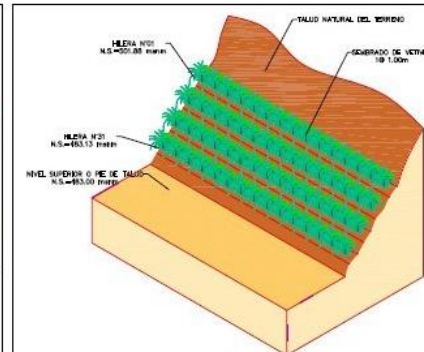
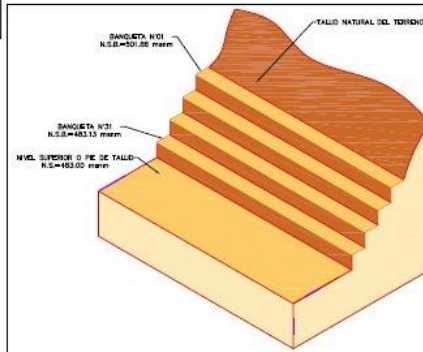
CORTES DE ESTABILIZACION DE TALUD PROYECTADO



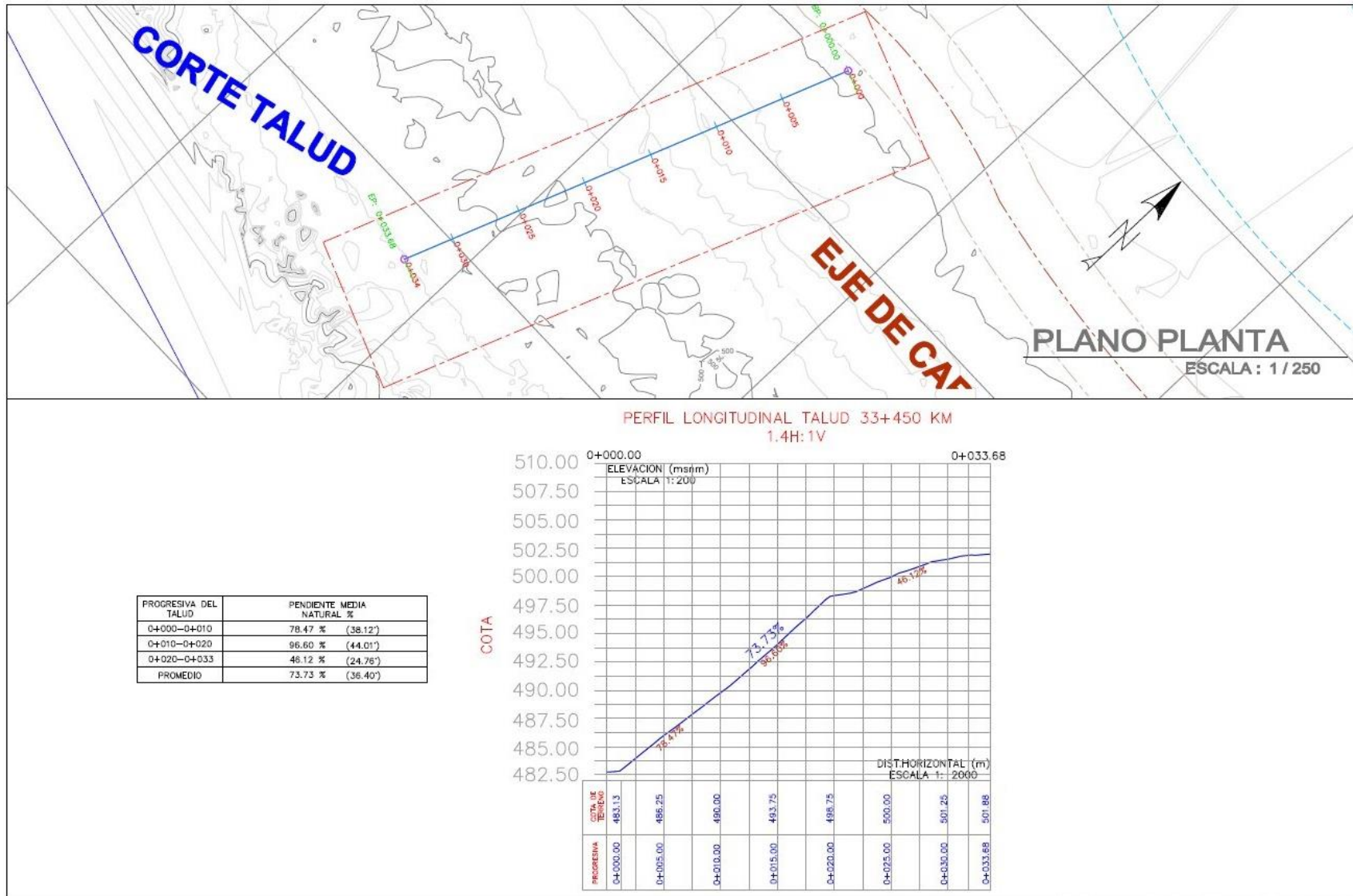
LEYENDA

- Curvas de nivel mayores.....
- Curvas de nivel menores.....
- Sección transversal talud.....
- Área de talud.....
- Sembrado de Vetiver.....

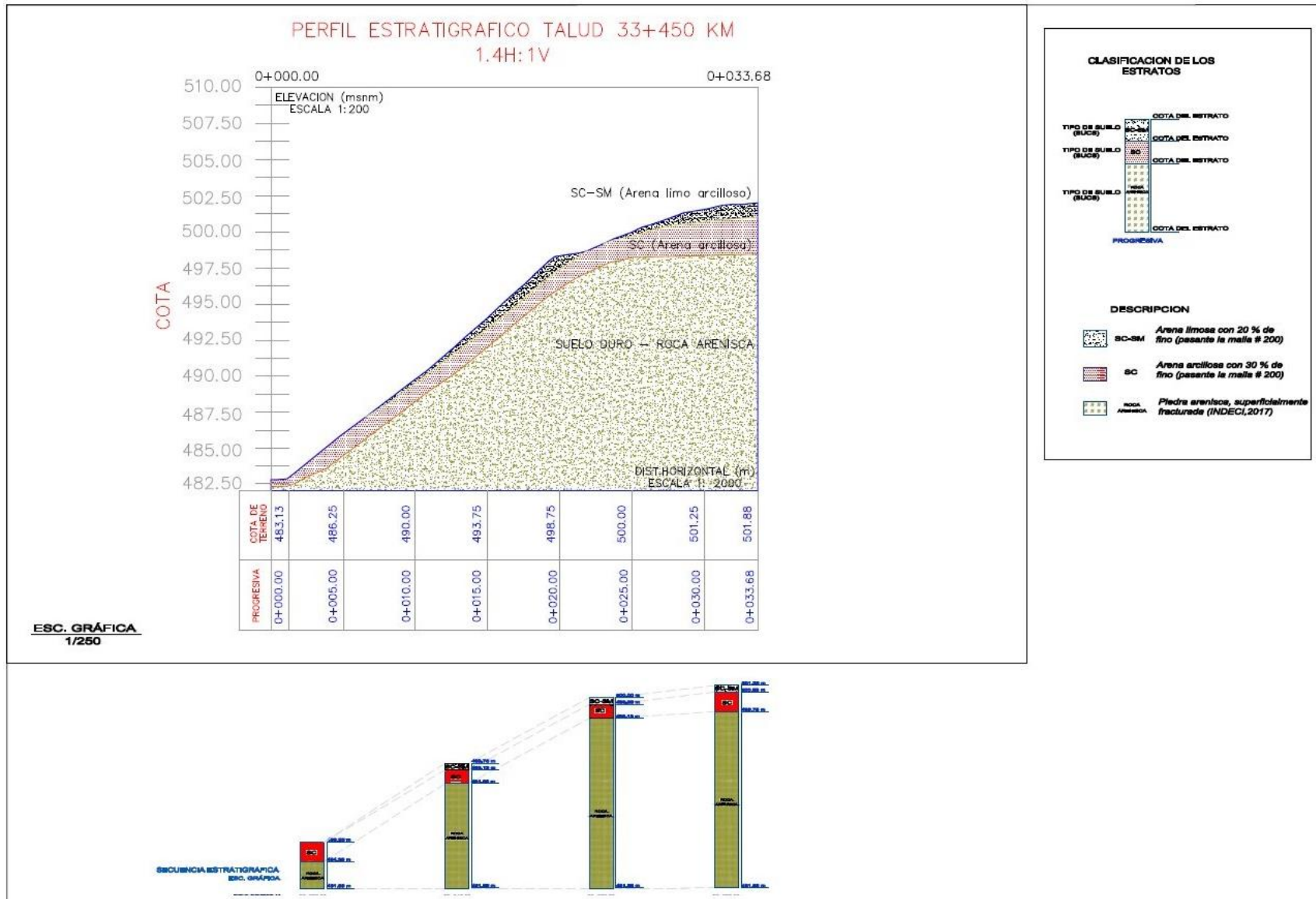
DETALLE ISOMETRICO DE ESTABILIZACION CON PINOS



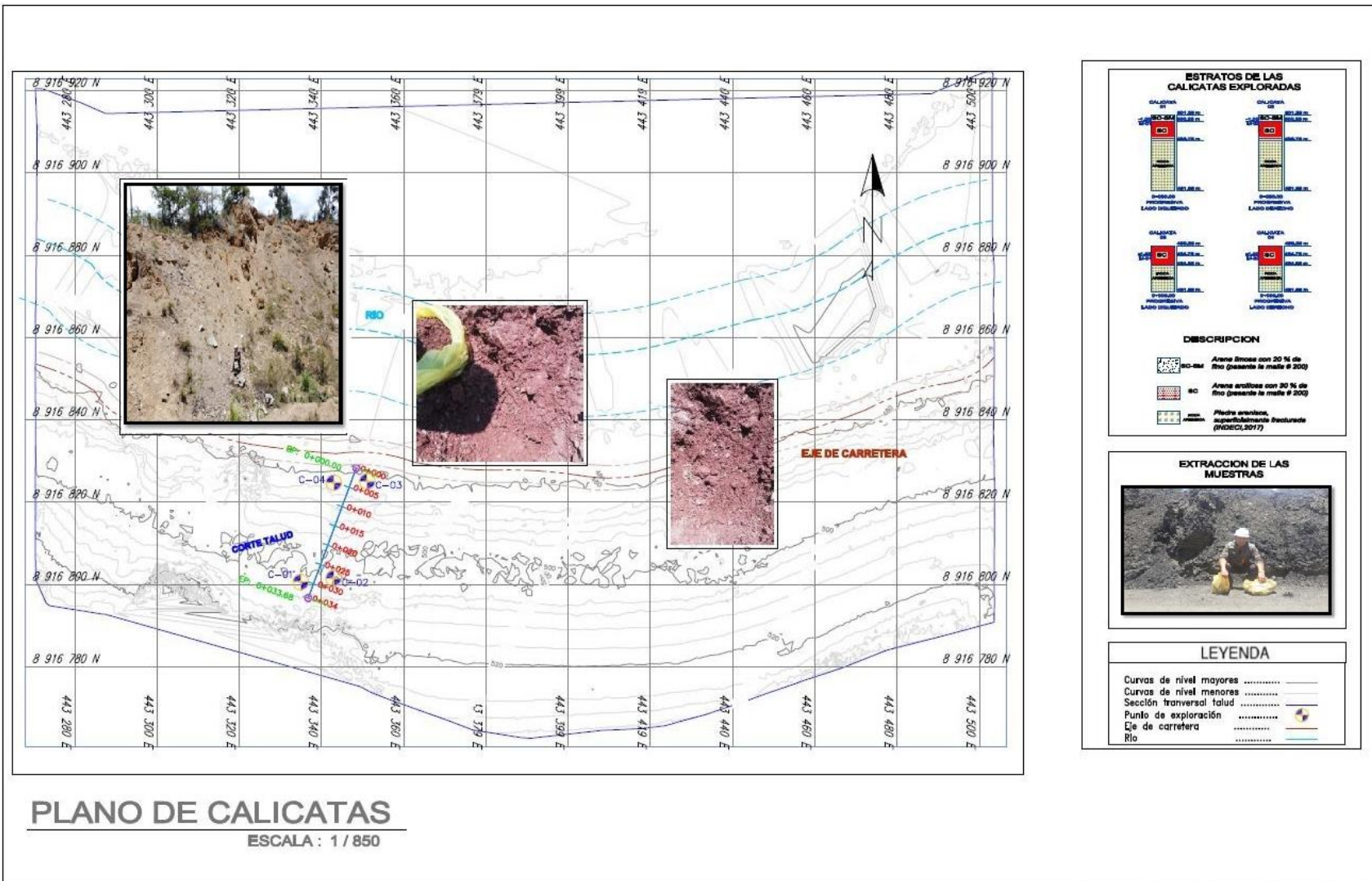
ANEXO 4: PLANO CLAVE DE LA ZONA DE ESTUDIO



ANEXO 5: PLANO ESTRATIGRÁFICO DEL TALUD



ANEXO 6: PLANO DE CALICATAS DEL TALUD



ANEXO 7: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS DE SUELOS EN LABORATORIO

- ANEXO 7.1: Ensayos de contenido de Humedad(NTP 339.127-MTC E 108)



Figura 7: Determinación del contenido de humedad natural de las muestras.

Fuente: Elaboración propia

- ANEXO 7.2: Ensayos de Granulometria por tamizado (NTP339.128-MTC E107)



Figura 8: Analisis granulométrico por tamizado de las muestras.

Fuente: Elaboración propia

- **ANEXO 7.3: Ensayos de Limites de Consistencia (NTP339.129-MTC E110-E111)**



Figura 9: Ensayos de limite liquido de las muestras.

Fuente: Elaboración propia



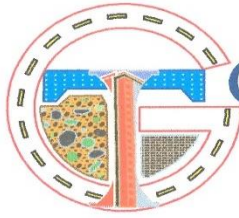
Figura 10: Ensayos de limite Plastico de las muestras.

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8: CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL SUELO.

ANEXO 8.1: Certificados de ensayos de laboratorio de la calicata C-01.

- **Determinación de humedad natural**
- **Límite de consistencia**
- **Análisis granulométrico por tamizado**
- **Determinación de peso volumétrico de masa**

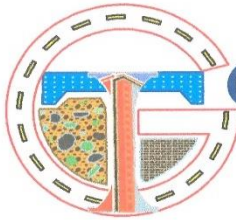


GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotecnía, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCION DE OBRAS EN GENERAL

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL			
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216			
CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS	CALICATA:	C-01
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA	MUESTRA:	M1
DEPARTAMENTO:	ANCASH	PROFUNDIDAD:	1.00 m
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.		
DATOS DE LA MUESTRA			
ENSAYO N°	1	2	3
N° TARA	T-1	T-2	T-3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	1120.4	1230.8	1112.5
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	1035.8	1136.3	1028.8
PESO DE LA TARA (gr.)	320.4	320.4	320.4
PESO DEL AGUA (gr.)	84.6	94.5	83.7
PESO SUELO SECO (gr.)	715.4	815.9	708.4
HUMEDAD (%)	11.83	11.58	11.82
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	11.74		
Observaciones:			
<p style="margin: 0;">GEOTEC Laboratorios</p> <p style="margin: 0; font-size: small;">..... <i>Isaac A. Vidal Bermúdez</i> Ingeniero Civil CIP. N° 100022 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA</p>			

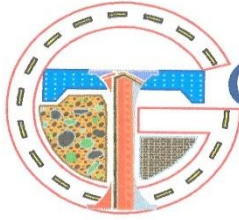


GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotecnia, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCION DE OBRAS EN GENERAL

LÍMITES DE CONSISTENCIA			
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 -MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90			
CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS	CALICATA:	C-01
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA	MUESTRA:	M-1
DEPARTAMENTO:	ANCASH	PROFUNDIDAD:	1.00 m
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.		
DATOS DE LA MUESTRA			
LÍMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)			
N° TARA	LL-1	LL-2	LL-3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	32.88	32.75	33.18
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	28.8	28.88	29.42
PESO AGUA (gr.)	4.08	3.87	3.76
PESO DE LA TARA (gr.)	14.15	14.15	14.15
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	14.65	14.73	15.27
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	27.85	26.27	24.62
NÚMERO DE GOLPES	15	24	35
LÍMITE PLASTICO(MTC E 111, AASHTO T 90)			
N° TARA	LP-1	LP-2	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	22.19	22.46	
PESO TARA + SUELO SECO(gr.)	20.92	21.15	
PESO AGUA (gr.)	14.5	14.5	
PESO DE LA TARA (gr.)	1.27	1.31	
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	6.42	6.65	
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	19.78	19.7	19.74
LÍMITES DE CONSISTENCIA		OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	25.98		
LÍMITE PLASTICO (%)	19.74		
INDICE DE LA PLASTICIDAD (%)	6.23		
Isaac A. Vidal Bermudez <small>Ingeniero Civil CIP. N° 100022 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA</small>			



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecanica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoria en Ingeniería Civil, Geotecnía, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCION DE OBRAS EN GENERAL

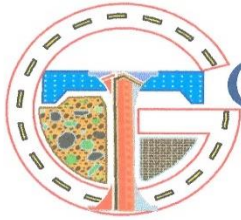
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 307, ASTM D 422, AASHTO T 88						
CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS	CALICATA:	C-01			
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA	MUESTRA:	M-1			
DEPARTAMENTO:	ANCASH	PROFUNDIDAD:	1.00 m			
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.					
DATOS DE LA MUESTRA						
TAMIZ	APERTURA (mm)	PESO RETEND.	% RETEND. PARCIAL	% RETEND. ACUMULAD.	% QUE PASA ACUMUL.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600	0	0.0	0	100.0	Pesos de Muestra Grava > N° 4: 1225.90 gr. 32.86% Arena < N° 4: 1702.00 gr. 45.62% Finos < N° 200: 802.90 gr. 21.52% Total Mat. Seco 3730.80 gr. 100.00% Límites de Consistencia Límite Líquido: 25.98% Límite Plástico: 19.74% Índice Plástico: 6.23% Clasificación del Suelo Clasificación (SUCS) SC-SM Clasificación (AASHTO) A-1-b (0) Cont. de Humedad Natural (%) 11.74
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	60.350	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	100.4	2.7	2.7	97.3	
1"	25.400	220.8	5.9	8.6	91.4	
3/4"	19.000	116.1	3.1	11.7	88.3	
1/2"	12.500	203.4	5.5	17.2	82.8	
3/8"	9.500	170.8	4.6	21.8	78.2	
N° 4	4.750	414.4	11.1	32.9	67.1	
N° 10	2.000	445.4	11.9	44.8	55.2	
N° 40	0.425	761.2	20.4	65.2	34.8	
N° 200	0.075	495.4	13.3	78.5	21.5	
< N° 200	FONDO	802.9	21.5	100.0	0.0	
TOTAL		3730.8				
CURVA GRANULOMÉTRICA						
<p>Observaciones:</p>						

GEOTEC Laboratorios

Isaac A. Vidal Bermudez
 Isaac A. Vidal Bermudez
 Ingeniero Civil
 CIP. N° 100022
 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Oficina y Laboratorio:
 Calle 114 N° 369 Villon Bajo. Huaraz - Huaraz - Ancash
 email geoteclaboratorios@gmail.com; geoteclaboratorios@hotmail.com
 web: www.geoteclaboratorios.com; Face geoteclaboratorios

Telefonos:
 Fijo: 043-614395
 Mov. 962-533-380; Claro 962-537-404



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotecnía, Estructural, Sísmoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCION DE OBRAS EN GENERAL

DETERMINACIÓN DE PESO VOLUMÉTRICO DE MASA

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339, 139, BS 1377

CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS	CALICATA:	C-01
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA	MUESTRA:	M-1
DEPARTAMENTO:	ANCASH	PROFUNDIDAD:	1.00 m
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.		

DATOS DE LA MUESTRA

ENSAYO N°	1	2	3
Nro. DE TARA	P1	P2	P3
PESO DE TARA (gr.)	19.60	19.60	19.60
PESO DE TARA + MUESTRA (gr.)	74.30	74.70	74.40
PESO DE MUESTRA (gr.)	54.70	55.10	54.80
PESO DE MUESTRA + PARAFINA (gr.)	65.50	61.10	58.80
PESO DE PARAFINA (gr.)	10.80	6.00	4.00
PESO ESPECÍFICO DE PARAFINA (gr./cm ³)	0.87	0.87	0.87
VOLUMEN DE PARAFINA (cm ³)	12.41	6.90	4.60
VOLUMEN DE AGUA INICIAL (cm ³)	500.00	500.00	500.00
VOLUMEN DE MUESTRA + PARAFINA + AGUA (cm ³)	543.00	538.00	535.00
VOLUMEN DE MUESTRA (cm ³)	30.59	31.10	30.40
PESO ESPECÍFICO VOLUMÉTRICO DE MUESTRA (gr./cm ³)	1.79	1.77	1.80
PESO ESPECÍFICO VOLUMÉTRICO DE MUESTRA (gr./cm³)	1.79		

Observaciones: 17.53 KN/m³

GEOTEC Laboratorios

Isaac A. Vidal Bernudez
 Isaac A. Vidal Bernudez
 Ingeniero Civil
 OIP N° 100022
 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

ANEXO 8.2: Certificados de ensayos de laboratorio de la calicata C-02.

- **Determinación de humedad natural**
- **Límite de consistencia**
- **Análisis granulométrico por tamizado**



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
Consultoría en Ingeniería Civil, Geotecnia, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
EJECUCIÓN DE OBRAS EN GENERAL

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

CONCEPTO: INVESTIGACIÓN - TESIS CALICATA: C-02
PROVINCIA: MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA MUESTRA: M-1
DEPARTAMENTO: ANCASH PROFUNDIDAD: 1.00 m
CLIENTE: VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.

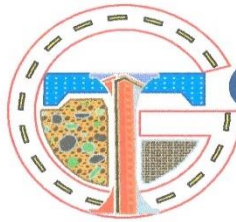
DATOS DE LA MUESTRA

ENSAYO N°	1	2	3
N° TARA	T-4	T-5	T-6
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	985.60	1010.30	1002.70
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	915.90	938.30	930.90
PESO DE LA TARA (gr.)	320.40	320.40	320.40
PESO DEL AGUA (gr.)	69.70	72.00	71.80
PESO SUELO SECO (gr.)	595.50	617.90	610.50
HUMEDAD (%)	11.70	11.65	11.76
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	11.71		

Observaciones:

GEOTEC Laboratorios

Isaac A. Vidal Bermúdez
Ingeniero Civil
CIP. N° 100022
ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecanica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotecnia, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCION DE OBRAS EN GENERAL

LÍMITES DE CONSISTENCIA			
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 -MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90			
CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS	CALICATA:	C-02
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA	MUESTRA:	M-1
DEPARTAMENTO:	ANCASH	PROFUNDIDAD:	1.00 m
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.		
DATOS DE LA MUESTRA			
LÍMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)			
N° TARA	LL-4	LL-5	LL-6
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	39.50	41.13	38.74
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	34.01	35.57	33.94
PESO AGUA (gr.)	5.49	5.56	4.80
PESO DE LA TARA (gr.)	14.15	14.15	14.15
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	19.86	21.42	19.79
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	27.64	25.96	24.25
NÚMERO DE GOLPES	16	26	37
LÍMITE PLASTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
N° TARA	LP-3	LP-4	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	24.64	25.72	
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	22.97	23.88	
PESO AGUA (gr.)	14.50	14.50	
PESO DE LA TARA (gr.)	1.67	1.84	
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	8.47	9.38	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19.72	19.62	19.67
LÍMITES DE CONSISTENCIA		OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	25.93		
LÍMITE PLASTICO (%)	19.67		
INDICE DE LA PLASTICIDAD (%)	6.27		
Isaac A. Vidal Bermudez Ingeniero Civil C.I.P. N° 100022 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA			



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecanica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotecnía, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCIÓN DE OBRAS EN GENERAL

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

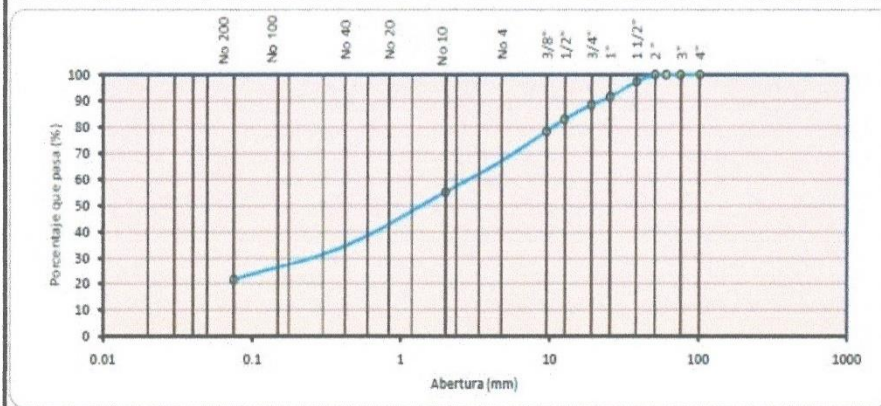
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS	CALICATA:	C-02
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA	MUESTRA:	M-1
DEPARTAMENTO:	ANCASH	PROFUNDIDAD:	1.00 m
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.		

DATOS DE LA MUESTRA

TAMIZ	APERTURA (mm)	PESO RETEND.	% RETEND. PARCIAL	% RETEND. ACUMULAD.	% QUE PASA ACUMUL.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600	0	0.0	0	100.0	Pesos de Muestra
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava > N° 4: 1471.5 gr. 35.58%
2 1/2"	60.350	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena < N° 4: 1859.20 gr. 44.96%
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	Finos < N° 200: 804.90 gr. 19.46%
1 1/2"	38.100	159.5	3.9	3.9	96.1	Total Mat. Seco 4135.60 gr. 100.00%
1"	25.400	250.6	6.1	9.9	90.1	Límites de Consistencia
3/4"	19.000	135.9	3.3	13.2	86.8	Límite Líquido: 25.93%
1/2"	12.500	247.4	6.0	19.2	80.8	Límite Plástico: 19.67%
3/8"	9.500	208.3	5.0	24.2	75.8	Índice Plástico: 6.27%
N° 4	4.750	469.8	11.4	35.6	64.4	Clasificación del Suelo
N° 10	2.000	502.8	12.2	47.7	52.3	Clasificación (SUCS) SC-SM
N° 40	0.425	778.8	18.8	66.6	33.4	Clasificación (AASHTO) A-1-b (0)
N° 200	0.075	577.8	14.0	80.5	19.5	Cont. de Humedad Natural (%) 11.71
< N° 200	FONDO	804.9	19.5	100.0	0.0	
	TOTAL	4135.6				

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

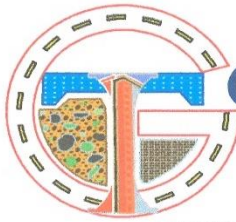
GEOTEC Laboratorios
Isaac A. Vidal Benítez
 Ingeniero Civil
 OIP N° 100022
 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Oficina y Laboratorio:
 Calle 114 N° 369 Villon Bajo, Huaraz - Huaraz - Ancash
 email: geoteclaboratorios@gmail.com; geoteclaboratorios@hotmail.com
 web: www.geoteclaboratorios.com; Face geoteclaboratorios

Telefonos:
 Fijo: 043-614395
 Mov. 962-533-390; Claro 962-537-404

ANEXO 8.3: Certificados de ensayos de laboratorio de la calicata C-03.

- **Determinación de humedad natural**
- **Límite de consistencia**
- **Análisis granulométrico por tamizado**
- **Determinación de peso volumétrico de masa**



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
Consultoría en Ingeniería Civil, Geotecnia, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
EJECUCION DE OBRAS EN GENERAL

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

CONCEPTO: INVESTIGACIÓN - TESIS CALICATA: C-03
PROVINCIA: MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA MUESTRA: M-1
DEPARTAMENTO: ANCASH PROFUNDIDAD: 1.50 m
CLIENTE: VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.

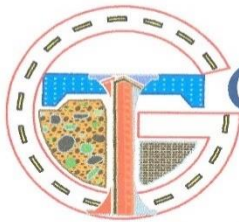
DATOS DE LA MUESTRA

ENSAYO N°	1	2	3
N° TARA	T-7	T-8	T-9
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	1098.10	924.70	1004.90
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	989.60	840.10	909.10
PESO DE LA TARA (gr.)	304.30	304.30	304.30
PESO DEL AGUA (gr.)	108.50	84.60	95.80
PESO SUELO SECO (gr.)	685.30	535.80	604.80
HUMEDAD (%)	15.83	15.79	15.84
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO(%)	15.82		

Observaciones:

GEOTEC Laboratorios

Isaac A. Vidal Bertrúdez
Isaac A. Vidal Bertrúdez
Ingeniero Civil
CIP: N° 100022
ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

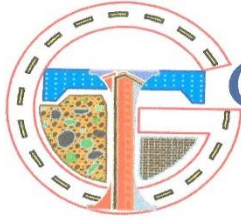


GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnica, Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotécnica, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCION DE OBRAS EN GENERAL

LÍMITES DE CONSISTENCIA			
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 -MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90			
CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS	CALICATA:	C-03
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA	MUESTRA:	M-1
DEPARTAMENTO:	ANCASH	PROFUNDIDAD:	1.50 m
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.		
DATOS DE LA MUESTRA			
LÍMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)			
N° TARA	LL-7	LL-8	LL-9
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	38.68	36.96	38.43
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	32.35	31.32	32.68
PESO AGUA (gr.)	6.33	5.64	5.75
PESO DE LA TARA (gr.)	14.15	14.15	14.15
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	18.20	17.17	18.53
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	34.78	32.85	31.03
NÚMERO DE GOLPES	14	26	37
LÍMITE PLASTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
N° TARA	LP-5	LP-6	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	22.80	25.40	
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	21.31	23.46	
PESO AGUA (gr.)	14.50	14.50	
PESO DE LA TARA (gr.)	1.49	1.94	
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	6.81	8.96	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.88	21.65	21.77
LÍMITES DE CONSISTENCIA		OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	32.70		
LÍMITE PLASTICO (%)	21.77		
INDICE DE LA PLASTICIDAD (%)	10.94		
Isaac A. Vidal Bermúdez Ingeniero Civil CIP N° 100022 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA			



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecanica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotecnía, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCIÓN DE OBRAS EN GENERAL

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

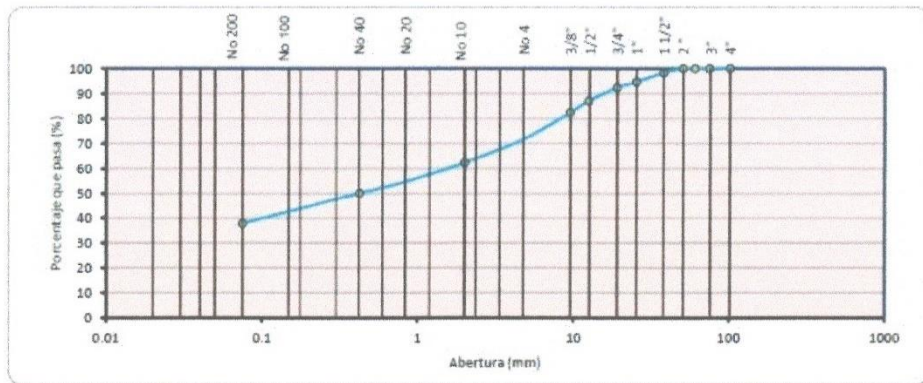
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS	CALICATA:	C-03
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA	MUESTRA:	M-1
DEPARTAMENTO:	ANCASH	PROFUNDIDAD:	1.50 m
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.		

DATOS DE LA MUESTRA

TAMIZ	APERTURA (mm)	PESO RETEND.	% RETEND. PARCIAL	% RETEND. ACUMULAD.	% QUE PASA ACUMUL.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600	0	0.0	0	100.0	Pesos de Muestra
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava > N° 4: 997.80 gr. 28.34%
2 1/2"	60.350	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena < N° 4: 1191.40 gr. 33.84%
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	Finos < N° 200: 1331.00 gr. 37.81%
1 1/2"	38.100	57.8	1.6	1.6	98.4	Total Mat. Seco 3520.20 gr. 100.00%
1"	25.400	131.4	3.7	5.4	94.6	Límites de Consistencia
3/4"	19.000	78.6	2.2	7.6	92.4	Límite Líquido: 32.70%
1/2"	12.500	188.6	5.4	13.0	87.0	Límite Plástico: 21.77%
3/8"	9.500	160.8	4.6	17.5	82.5	Índice Plástico: 10.94%
N° 4	4.750	380.6	10.8	28.3	71.7	Clasificación del Suelo
N° 10	2.000	325.8	9.3	37.6	62.4	Clasificación (SUCS) SC-SM
N° 20	0.840	268.0	7.6	45.2	54.8	Clasificación (AASHTO) A-6 (1)
N° 40	0.425	165.2	4.7	49.9	50.1	Cont. de Humedad Natural (%) 15.82
N° 100	0.150	263.2	7.5	57.4	42.6	
N° 200	0.075	169.2	4.8	62.2	37.8	
< N° 200	FONDO	1331.0	37.8	100.0	0.0	
TOTAL		3520.2				

CURVA GRANULOMÉTRICA



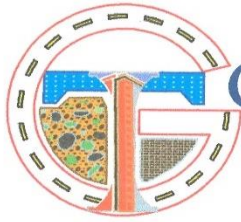
Observaciones:

GEOTEC Laboratorios

Isaac A. Vidal Bermúdez
 Ingeniero Civil
 CIP N° 100022
 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Oficina y Laboratorio:
 Calle 114 N° 369 Villon Bajo, Huaraz - Huaraz - Ancash
 email: geoteclaboratorios@gmail.com; geoteclaboratorios@hotmail.com
 web: www.geoteclaboratorios.com; Face geoteclaboratorios

Telefonos:
 Fijo: 043-614395
 Mov. 962-533-380, Claro 962-537-404



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecanica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotecnia, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCION DE OBRAS EN GENERAL

DETERMINACIÓN DE PESO VOLUMÉTRICO DE MASA

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339, 139, BS 1377

CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS	CALICATA:	C-03
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - POMABAMBA	MUESTRA:	M-1
DEPARTAMENTO:	ANCASH	PROFUNDIDAD:	1.50 m
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.		

DATOS DE LA MUESTRA

ENSAYO N°	1	2	3
Nro. DE TARA	P4	P5	P6
PESO DE TARA (gr.)	19.60	19.60	19.60
PESO DE TARA + MUESTRA (gr.)	86.50	87.80	90.70
PESO DE MUESTRA (gr.)	66.90	68.20	71.10
PESO DE MUESTRA + PARAFINA (gr.)	82.30	78.20	81.10
PESO DE PARAFINA (gr.)	15.40	10.00	10.00
PESO ESPECÍFICO DE PARAFINA (gr./cm ³)	0.87	0.87	0.87
VOLUMEN DE PARAFINA (cm ³)	17.70	11.49	11.49
VOLUMEN DE AGUA INICIAL (cm ³)	500.00	500.00	500.00
VOLUMEN DE MUESTRA + PARAFINA + AGUA (cm ³)	556.00	551.00	553.00
VOLUMEN DE MUESTRA (cm ³)	38.30	39.51	41.51
PESO ESPECÍFICO VOLUMÉTRICO DE MUESTRA (gr./cm ³)	1.75	1.73	1.71
PESO ESPECÍFICO VOLUMÉTRICO DE MUESTRA (gr./cm³)	1.73		

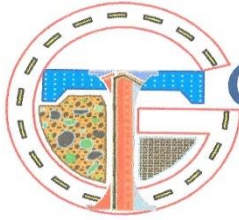
Observaciones: 16.95 KN/m³

GEOTEC Laboratorios

 Isaac A. Vidal Belmudez
 Ingeniero Civil
 CIP. N° 100022
 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

ANEXO 8.4: Certificados de ensayos de laboratorio de la calicata C-04.

- **Determinación de humedad natural**
- **Límite de consistencia**
- **Análisis granulométrico por tamizado**



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
Consultoría en Ingeniería Civil, Geotecnia, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
EJECUCIÓN DE OBRAS EN GENERAL

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

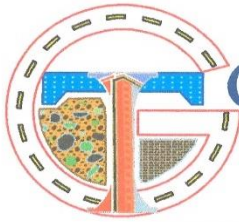
CONCEPTO: INVESTIGACIÓN - TESIS CALICATA: C-04
PROVINCIA: MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA MUESTRA: M-1
DEPARTAMENTO: ANCASH PROFUNDIDAD: 1.50 m
CLIENTE: VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.

DATOS DE LA MUESTRA

ENSAYO N°	1	2	3
N° TARA	T-10	T-11	T-12
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	988.40	969.20	1010.30
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	894.60	878.40	913.80
PESO DE LA TARA (gr.)	304.30	304.30	304.30
PESO DEL AGUA (gr.)	93.80	90.80	96.50
PESO SUELO SECO (gr.)	590.30	574.10	609.50
HUMEDAD (%)	15.89	15.82	15.83
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	15.85		

Observaciones:

GEOTEC Laboratorios
Isaac A. Vidal Bermudez
Isaac A. Vidal Bermudez
Ingeniero Civil
CIP N° 100022
ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

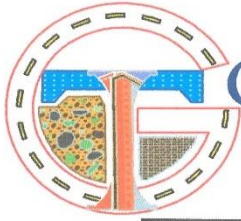


GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotecnía, Estructural, Sísmoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCIÓN DE OBRAS EN GENERAL

LÍMITES DE CONSISTENCIA				
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 -MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90				
CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS	CALICATA:	C-04	
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA	MUESTRA:	M-1	
DEPARTAMENTO:	ANCASH	PROFUNDIDAD:	1.50 m	
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.			
DATOS DE LA MUESTRA				
LÍMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° TARA	LL-10	LL-11	LL-12	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	35.42	34.85	35.27	
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	29.95	29.77	30.25	
PESO AGUA (gr.)	5.47	5.08	5.02	
PESO DE LA TARA (gr.)	14.15	14.15	14.15	
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	15.80	15.62	16.10	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	34.62	32.52	31.18	
NÚMERO DE GOLPES	15	28	36	
LÍMITE PLASTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
N° TARA	LP-7	LP-8	PROMEDIO	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	20.16	21.22		
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	19.15	20.02		
PESO AGUA (gr.)	14.50	14.50		
PESO DE LA TARA (gr.)	1.01	1.20		
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	4.65	5.52		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.71	21.74	21.73	
LÍMITES DE CONSISTENCIA		OBSERVACIONES		
LÍMITE LÍQUIDO (%)	32.73			
LÍMITE PLÁSTICO (%)	21.73			
ÍNDICE DE LA PLÁSTICIDAD (%)	11.00			
Isaac A. Vidal Bermúdez <small>Ingeniero Civil CIP N° 100022 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA</small>				



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotécnia, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCION DE OBRAS EN GENERAL

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

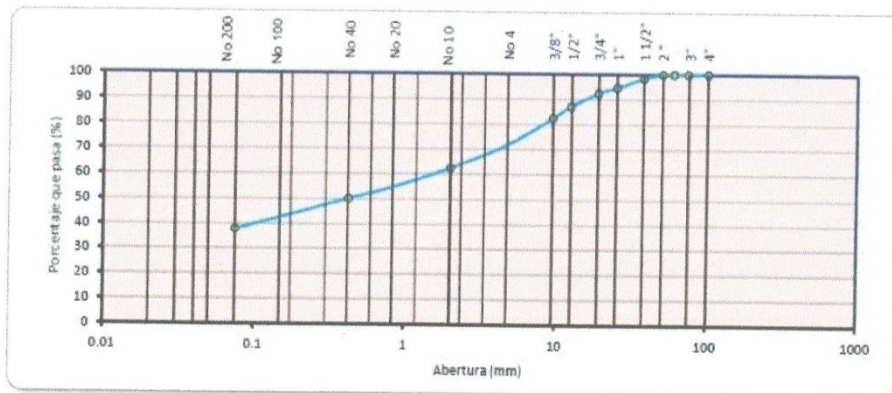
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS	CALICATA:	C-04
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA	MUESTRA:	M-1
DEPARTAMENTO:	ANCASH	PROFUNDIDAD:	1.50 m
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.		

DATOS DE LA MUESTRA

TAMIZ	APERTURA (mm)	PESO RETEND.	% RETEND. PARCIAL	% RETEND. ACUMULAD.	% QUE PASA ACUMUL.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600	0	0.0	0	100.0	Pesos de Muestra
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava > N° 4: 693.30 gr. 29.49%
2 1/2"	60.350	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena < N° 4: 772.70 gr. 32.87%
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	Finos < N° 200: 884.60 gr. 37.63%
1 1/2"	38.100	45.6	1.9	1.9	98.1	Total Mat. Seco: 2350.60 gr. 100.00%
1"	25.400	80.8	3.4	5.4	94.6	Límites de Consistencia
3/4"	19.000	53.1	2.3	7.6	92.4	Límite Líquido: 32.73%
1/2"	12.500	133.1	5.7	13.3	86.7	Límite Plástico: 21.73%
3/8"	9.500	112.4	4.8	18.1	81.9	Índice Plástico: 11.00%
N° 4	4.750	268.3	11.4	29.5	70.5	Clasificación del Suelo
N° 10	2.000	198.4	8.4	37.9	62.1	Clasificación (SUCS) SC-SM
N° 20	0.840	160.8	6.8	44.8	55.2	Clasificación (AASHTO) A-6 (1)
N° 40	0.425	102.1	4.3	49.1	50.9	Cont. de Humedad Natural (%) 15.85
N° 100	0.150	188.9	8.0	57.2	42.8	
N° 200	0.075	122.5	5.2	62.4	37.6	
< N° 200	FONDO	884.6	37.6	100.0	0.0	
TOTAL		2350.6				

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

GEOTEC Laboratorios

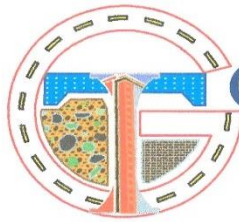
Isaac A. Vidal Bermúdez
 Ingeniero Civil
 CIP N° 100022
 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Oficina y Laboratorio:
 Calle 114 N° 369 Villon Bajo, Huaraz - Huaraz - Ancash
 email: geoteclaboratorios@gmail.com; geoteclaboratorios@hotmail.com
 web: www.geoteclaboratorios.com; Face geoteclaboratorios

Telefonos:
 Fijo: 043-514395
 Mov: 962-533-380, Claro 962-537-404

**ANEXO 9: CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS DE CORTE DIRECTO
SIN Y CON PRESENCIA DE RAÍCES DE PINOS**

**ANEXO 9.1: Parámetros de resistencia del suelo sin presencia
de raíces de Pinos, C-01, C-02.**



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotécnia, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCION DE OBRAS EN GENERAL

ENSAYO DE CORTE DIRECTO								
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123, ASTM D 3080								
CONCEPTO: INVESTIGACIÓN - TESIS			CALICATA: C-01					
PROVINCIA: MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA			MUESTRA: M-1					
DEPARTAMENTO: ANCASH			PROFUNDIDAD: 1.00 m					
CLIENTE: VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.								
DATOS DE LA MUESTRA								
Sondaje: C-1			Profundidad: 1.00 m		Velocidad: 0.25 mm/min			
Muestra: M-1			Estado: Alterado					
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Altura:	21.00	mm	Altura:	21.00	mm	Altura:	21.00	mm
Diámetro	60.00	mm	Diámetro	60.00	mm	Diámetro	60.00	mm
Densidad nat. :	1.79	gr./cm ³	Densidad nat. :	1.79	gr./cm ³	Densidad nat. :	1.79	gr./cm ³
Esf. Normal:	0.56	Kg./cm ²	Esf. Normal:	1.11	Kg./cm ²	Esf. Normal:	2.22	Kg./cm ²
Esf. Corte:	0.21	Kg./cm ²	Esf. Corte:	0.53	Kg./cm ²	Esf. Corte:	0.85	Kg./cm ²
Desp. Lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/o)	Desp. Lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/o)	Desp. Lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/o)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.06	0.03
0.06	0.03	0.05	0.06	0.07	0.06	0.06	0.12	0.05
0.12	0.05	0.09	0.12	0.11	0.10	0.12	0.18	0.08
0.18	0.07	0.13	0.18	0.15	0.14	0.18	0.24	0.11
0.30	0.09	0.16	0.30	0.19	0.17	0.30	0.30	0.14
0.45	0.11	0.20	0.45	0.23	0.21	0.45	0.36	0.16
0.60	0.13	0.24	0.60	0.27	0.24	0.60	0.42	0.19
0.75	0.15	0.27	0.75	0.31	0.28	0.75	0.48	0.22
0.90	0.17	0.31	0.90	0.35	0.32	0.90	0.54	0.24
1.05	0.19	0.34	1.05	0.39	0.35	1.05	0.60	0.27
1.20	0.21	0.38	1.20	0.43	0.39	1.20	0.66	0.30
1.50	0.19	0.34	1.50	0.47	0.42	1.50	0.72	0.32
1.80	0.21	0.38	1.80	0.51	0.46	1.80	0.85	0.35
2.10	0.21	0.38	2.10	0.53	0.48	2.10	0.85	0.38
2.40	0.21	0.38	2.40	0.53	0.48	2.40	0.85	0.38
2.70	0.21	0.38	2.70	0.53	0.48	2.70	0.85	0.38
3.00	0.21	0.38	3.00	0.53	0.48	3.00	0.85	0.38
3.60	0.21	0.38	3.60	0.53	0.48	3.60	0.85	0.38
4.20	0.21	0.38	4.20	0.53	0.48	4.20	0.85	0.38
4.80	0.21	0.38	4.80	0.53	0.48	4.80	0.85	0.38
5.40	0.21	0.38	5.40	0.53	0.48	5.40	0.85	0.38
6.00	0.21	0.38	6.00	0.53	0.48	6.00	0.85	0.38

ESFUERZO DE CORTE VS ESFUERZO NORMAL

$y = 0.372x + 0.0508$
 $R^2 = 0.9643$

DEFORMACION LATERAL vs. ESFUERZO DE CORTE

GEOTEC Laboratorios
Ing. Víctor Vidal
Ing. Víctor Vidal Bermúdez
 Ingeniero Civil
 CIP N° 100022
 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

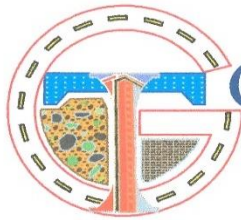
Esfuerzos Maximos:
 Cohesión (C) :
 Ang. Fricción (ϕ) :

C = 0.0503 kg/cm² = 4.933 KN/m²
 ϕ = 20.41 °

Oficina y Laboratorio:
 Calle 114 N° 369 Villon Bajo Huaraz - Huaraz - Ancash
 email geoteclaboratorios@gmail.com; geoteclaboratorios@hotmail.com
 web: www.geoteclaboratorios.com; Face geoteclaboratorios

Telefonos:
 Fijo: 043-614395
 Mov. 962-533-380; Claro 962-537-404

**ANEXO 9.2: Parámetros de resistencia del suelo sin presencia
de raíces de Pinos, C-03, C-04.**



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecanica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotecnia, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCIÓN DE OBRAS EN GENERAL

ENSAYO DE CORTE DIRECTO									
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123, ASTM D 3080									
CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS						CALICATA:	C-03	
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA						MUESTRA:	M-1	
DEPARTAMENTO:	ANCASH						PROFUNDIDAD:	1.50 m	
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.								
DATOS DE LA MUESTRA									
Sondaje: C-3	Profundidad:	1.50 m			Velocidad:	0.25 mm/min			
Muestra: M-1	Estado:	Alterado							
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03			
Altura:	21.00	mm	Altura:	21.00	mm	Altura:	21.00	mm	
Diámetro	60.00	mm	Diámetro	60.00	mm	Diámetro	60.00	mm	
Densidad nat. :	1.73	gr./cm ³	Densidad nat. :	1.73	gr./cm ³	Densidad nat. :	1.73	gr./cm ³	
Esf. Normal:	0.56	Kg./cm ²	Esf. Normal:	1.11	Kg./cm ²	Esf. Normal:	2.22	Kg./cm ²	
Esf. Corte:	0.21	Kg./cm ²	Esf. Corte:	0.50	Kg./cm ²	Esf. Corte:	0.81	Kg./cm ²	
Desp. Lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/o)	Desp. Lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/o)	Desp. Lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/o)	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.03	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	
0.06	0.02	0.04	0.06	0.06	0.05	0.06	0.08	0.04	
0.12	0.03	0.05	0.12	0.09	0.08	0.12	0.12	0.05	
0.18	0.04	0.07	0.18	0.12	0.11	0.18	0.16	0.07	
0.30	0.05	0.09	0.30	0.15	0.13	0.30	0.20	0.09	
0.45	0.06	0.11	0.45	0.18	0.16	0.45	0.24	0.11	
0.60	0.07	0.12	0.60	0.21	0.19	0.60	0.28	0.12	
0.75	0.08	0.14	0.75	0.24	0.21	0.75	0.32	0.14	
0.90	0.09	0.16	0.90	0.27	0.24	0.90	0.36	0.16	
1.05	0.10	0.18	1.05	0.30	0.27	1.05	0.40	0.18	
1.20	0.11	0.20	1.20	0.33	0.30	1.20	0.44	0.20	
1.50	0.12	0.21	1.50	0.36	0.33	1.50	0.48	0.21	
1.80	0.13	0.23	1.80	0.39	0.36	1.80	0.52	0.23	
2.10	0.14	0.25	2.10	0.42	0.39	2.10	0.56	0.25	
2.40	0.15	0.27	2.40	0.45	0.42	2.40	0.60	0.27	
2.70	0.16	0.29	2.70	0.48	0.45	2.70	0.64	0.29	
3.00	0.17	0.30	3.00	0.50	0.48	3.00	0.68	0.31	
3.60	0.18	0.32	3.60	0.50	0.50	3.60	0.72	0.32	
4.20	0.19	0.34	4.20	0.50	0.50	4.20	0.76	0.34	
4.80	0.19	0.35	4.80	0.50	0.50	4.80	0.80	0.36	
5.40	0.21	0.37	5.40	0.50	0.50	5.40	0.81	0.36	
6.00	0.21	0.37	6.00	0.50	0.50	6.00	0.81	0.36	

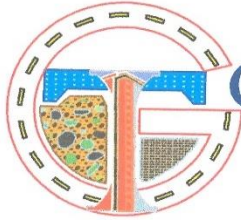
ESFUERZO DE CORTE VS ESFUERZO NORMAL		DEFORMACION LATERAL vs. ESFUERZO DE CORTE	
Esfuerzos Maximos: Cohesión (C): C = 0.0538 kg/cm ² = 5.276 KN/m ² Ang. Fricción (φ): φ = 19.14 °			

GEOTEC Laboratorios
 Isaac A. Vidal Bermúdez
 Ingeniero Civil
 CIP N° 100022
 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Oficina y Laboratorio:
 Calle 114 N° 369 Villon Bajo, Huaraz - Huaraz - Ancash
 email: geoteclaboratorios@gmail.com; geoteclaboratorios@hotmail.com
 web: www.geoteclaboratorios.com; Face geoteclaboratorios

Telefonos:
 Fijo: 043-614395
 Mov. 962-533-380; Claro 962-537-404

**ANEXO 9.3: Parámetros de resistencia del suelo con presencia
de raíces de Pinos y peso volumétrico de masa, C-01, C-02.**



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotecnia, Estructural, Sísmoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCIÓN DE OBRAS EN GENERAL

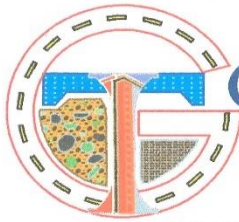
ENSAYO DE CORTE DIRECTO								
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123, ASTM D 3080								
CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS			CALICATA:	C-01, C02			
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA			MUESTRA:	M-1 + PINO			
DEPARTAMENTO:	ANCASH			PROFUNDIDAD:	1.00 m			
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.							
DATOS DE LA MUESTRA								
Sondaje: C-1, c-2	Profundidad:			1.50 m		Velocidad:		0.25 mm/min
Muestra: M-1 + PINO	Estado:			Alterado				
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Altura:	21.00	mm	Altura:	21.00	mm	Altura:	21.00	mm
Diámetro:	60.00	mm	Diámetro:	60.00	mm	Diámetro:	60.00	mm
Densidad nat.:	1.73	gr./cm3	Densidad nat.:	1.73	gr./cm3	Densidad nat.:	1.73	gr./cm3
Esf. Normal:	0.56	Kg./cm2	Esf. Normal:	1.11	Kg./cm2	Esf. Normal:	2.22	Kg./cm2
Esf. Corte:	0.21	Kg./cm2	Esf. Corte:	0.50	Kg./cm2	Esf. Corte:	0.81	Kg./cm2
Desp. Lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (t/o)	Desp. Lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (t/o)	Desp. Lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (t/o)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.07	0.03
0.06	0.03	0.06	0.06	0.08	0.07	0.06	0.13	0.06
0.12	0.05	0.10	0.12	0.12	0.11	0.12	0.20	0.09
0.18	0.08	0.14	0.18	0.16	0.14	0.18	0.26	0.12
0.30	0.10	0.17	0.30	0.20	0.18	0.30	0.33	0.15
0.45	0.12	0.21	0.45	0.25	0.22	0.45	0.39	0.18
0.60	0.14	0.25	0.60	0.29	0.26	0.60	0.46	0.21
0.75	0.16	0.29	0.75	0.33	0.30	0.75	0.52	0.23
0.90	0.18	0.33	0.90	0.37	0.34	0.90	0.59	0.26
1.05	0.21	0.37	1.05	0.41	0.37	1.05	0.65	0.29
1.20	0.21	0.38	1.20	0.46	0.41	1.20	0.72	0.32
1.50	0.21	0.38	1.50	0.50	0.45	1.50	0.78	0.35
1.80	0.21	0.38	1.80	0.54	0.49	1.80	0.85	0.38
2.10	0.21	0.38	2.10	0.55	0.50	2.10	0.89	0.40
2.40	0.22	0.40	2.40	0.56	0.50	2.40	0.91	0.41
2.70	0.22	0.40	2.70	0.56	0.51	2.70	0.92	0.41
3.00	0.22	0.40	3.00	0.56	0.51	3.00	0.92	0.41
3.60	0.23	0.41	3.60	0.57	0.51	3.60	0.92	0.41
4.20	0.23	0.41	4.20	0.57	0.51	4.20	0.93	0.42
4.80	0.23	0.41	4.80	0.57	0.51	4.80	0.93	0.42
5.40	0.23	0.41	5.40	0.57	0.51	5.40	0.93	0.42
6.00	0.23	0.41	6.00	0.57	0.51	6.00	0.93	0.42

GEOTEC Laboratorios
Isaac A. Vidal Bermudez
 Ingeniero Civil
 CIP. N° 100022
 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Esfuerzos Maximos:
 Cohesión (C): C = 0.0404 kg/cm2 = 3.962 KN/m2
 Ang. Fricción (φ): φ = 22.41 °

Oficina y Laboratorio:
 Calle 114 N° 369 Villon Bajo. Huaraz - Huaraz - Ancash
 email: geoteclaboratorios@gmail.com; geoteclaboratorios@hotmail.com
 web: www.geoteclaboratorios.com; Face geoteclaboratorios

Telefonos:
 Fijo: 043-614396
 Mov. 962-533-380; Claro 962-537-404



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnica, Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotécnica, Estructural, Sísmoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCIÓN DE OBRAS EN GENERAL

DETERMINACIÓN DE PESO VOLUMÉTRICO DE MASA

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339, 139, BS 1377

CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS	CALICATA:	C-01, C-02
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA	MUESTRA:	M-1 + PINO
DEPARTAMENTO:	ANCASH	PROFUNDIDAD:	1.00 m
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.		

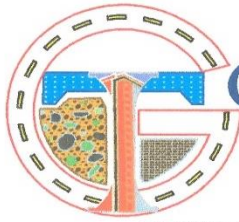
DATOS DE LA MUESTRA

ENSAYO N°	1	2	3
Nro. DE TARA	P1R	P2R	P3R
PESO DE TARA (gr.)	19.60	19.60	19.60
PESO DE TARA + MUESTRA (gr.)	82.40	83.10	85.30
PESO DE MUESTRA (gr.)	62.80	63.50	65.70
PESO DE MUESTRA + PARAFINA (gr.)	95.40	98.70	99.80
PESO DE PARAFINA (gr.)	32.60	35.20	34.10
PESO ESPECÍFICO DE PARAFINA (gr./cm ³)	0.87	0.87	0.87
VOLUMEN DE PARAFINA (cm ³)	37.47	40.46	39.20
VOLUMEN DE AGUA INICIAL (cm ³)	500.00	500.00	500.00
VOLUMEN DE MUESTRA + PARAFINA + AGUA (cm ³)	576.00	580.00	580.00
VOLUMEN DE MUESTRA (cm ³)	38.53	39.54	40.80
PESO ESPECÍFICO VOLUMÉTRICO DE MUESTRA (gr./cm ³)	1.63	1.61	1.61
PESO ESPECÍFICO VOLUMÉTRICO DE MUESTRA (gr./cm ³)	1.62		

Observaciones: 15.84 KN/m³

GEOTEC Laboratorios

 Isaac A. Vidal Bermudez
 Ingeniero Civil
 DIP N° 100022
 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotécnia, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCION DE OBRAS EN GENERAL

ENSAYO DE CORTE DIRECTO								
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123, ASTM D 3080								
CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS					CALICATA:	C-03, C04	
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA					MUESTRA:	M-1 + PINO	
DEPARTAMENTO:	ANCASH					PROFUNDIDAD:	1.50 m	
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.							
DATOS DE LA MUESTRA								
Sondaje: C-1, c-2			Profundidad:		1.50 m	Velocidad:		0.25 mm/min
Muestra: M-1 + PINO			Estado:		Alterado			
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Altura:	21.00	mm	Altura:	21.00	mm	Altura:	21.00	mm
Diámetro	60.00	mm	Diámetro	60.00	mm	Diámetro	60.00	mm
Densidad nat. :	1.48	gr./cm ³	Densidad nat. :	1.48	gr./cm ³	Densidad nat. :	1.48	gr./cm ³
Esf. Normal:	0.56	Kg./cm ²	Esf. Normal:	1.11	Kg./cm ²	Esf. Normal:	2.22	Kg./cm ²
Esf. Corte:	0.20	Kg./cm ²	Esf. Corte:	0.49	Kg./cm ²	Esf. Corte:	0.97	Kg./cm ²
Desp. Lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/o)	Desp. Lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/o)	Desp. Lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/o)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.02
0.06	0.02	0.04	0.06	0.06	0.05	0.06	0.09	0.04
0.12	0.03	0.05	0.12	0.09	0.08	0.12	0.13	0.06
0.18	0.04	0.07	0.18	0.12	0.11	0.18	0.18	0.08
0.30	0.05	0.09	0.30	0.15	0.14	0.30	0.22	0.10
0.45	0.06	0.10	0.45	0.18	0.16	0.45	0.27	0.12
0.60	0.07	0.12	0.60	0.21	0.19	0.60	0.31	0.14
0.75	0.08	0.14	0.75	0.24	0.22	0.75	0.36	0.16
0.90	0.09	0.16	0.90	0.27	0.24	0.90	0.40	0.18
1.05	0.10	0.17	1.05	0.31	0.27	1.05	0.45	0.20
1.20	0.11	0.19	1.20	0.33	0.30	1.20	0.49	0.22
1.50	0.11	0.21	1.50	0.36	0.33	1.50	0.55	0.25
1.80	0.12	0.22	1.80	0.39	0.35	1.80	0.62	0.28
2.10	0.13	0.24	2.10	0.41	0.37	2.10	0.69	0.31
2.40	0.14	0.26	2.40	0.44	0.39	2.40	0.74	0.33
2.70	0.15	0.28	2.70	0.44	0.39	2.70	0.79	0.35
3.00	0.16	0.29	3.00	0.46	0.41	3.00	0.84	0.38
3.60	0.17	0.31	3.60	0.48	0.43	3.60	0.90	0.41
4.20	0.18	0.33	4.20	0.49	0.44	4.20	0.96	0.43
4.80	0.20	0.35	4.80	0.49	0.44	4.80	0.97	0.44
5.40	0.20	0.36	5.40	0.49	0.44	5.40	0.97	0.44
6.00	0.20	0.36	6.00	0.49	0.44	6.00	0.97	0.44

Esfuerzos Máximos:

Cohesión (C): C = 0.0382 kg/cm² = 3.746 KN/m²

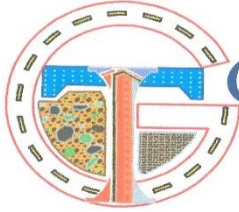
Ang. Fricción (φ): φ = 24.61 °

GEOTEC Laboratorios
Firma: Víctor Vidal Bermúdez
Vidal A. Vidal Bermúdez
 Ingeniero Civil
 CIP. N° 100022
 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Oficina y Laboratorio:
 Calle 114 N° 369 Yilón Bajo Huaraz - Huaraz - Ancash
 email: geoteclaboratorios@gmail.com; geoteclaboratorios@hotmail.com
 web: www.geoteclaboratorios.com; Fape geoteclaboratorios

Telefonos:
 Fijo: 043-614395
 Mov. 962-533-380; Claro 962-537-404

ANEXO 9.4: Parámetros de resistencia del suelo con presencia de raíces de Pinos y peso volumétrico de masa, C-03, C-04.



GEOTEC Ingenieros

INGENIERÍA y CONSULTORIA

Laboratorios de: Geotécnia, Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Control de Calidad de Materiales
 Consultoría en Ingeniería Civil, Geotecnia, Estructural, Sismoresistente e Ingeniería Hidráulica
 EJECUCION DE OBRAS EN GENERAL

DETERMINACIÓN DE PESO VOLUMÉTRICO DE MASA

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339, 139, BS 1377

CONCEPTO:	INVESTIGACIÓN - TESIS	CALICATA:	C-03, C-04
PROVINCIA:	MARISCAL LUZURIAGA - PACOSBAMBA	MUESTRA:	M-1 + PINO
DEPARTAMENTO:	ANCASH	PROFUNDIDAD:	1.50 m
CLIENTE:	VIDAL CARRANZA VICTOR C. / GARCÍA MARCOS MAULLER J.		

DATOS DE LA MUESTRA

ENSAYO N°	1	2	3
Nro. DE TARA	P4R	P5R	P6R
PESO DE TARA (gr.)	19.60	19.60	19.60
PESO DE TARA + MUESTRA (gr.)	95.40	96.80	98.70
PESO DE MUESTRA (gr.)	75.80	77.20	79.10
PESO DE MUESTRA + PARAFINA (gr.)	92.30	88.60	90.50
PESO DE PARAFINA (gr.)	16.50	11.40	11.40
PESO ESPECÍFICO DE PARAFINA (gr./cm ³)	0.87	0.87	0.87
VOLUMEN DE PARAFINA (cm ³)	18.97	13.10	13.10
VOLUMEN DE AGUA INICIAL (cm ³)	500.00	500.00	500.00
VOLUMEN DE MUESTRA + PARAFINA + AGUA (cm ³)	569.00	566.00	567.00
VOLUMEN DE MUESTRA (cm ³)	50.03	52.90	53.90
PESO ESPECÍFICO VOLUMÉTRICO DE MUESTRA (gr./cm ³)	1.51	1.46	1.47
PESO ESPECÍFICO VOLUMÉTRICO DE MUESTRA (gr./cm³)	1.48		

Observaciones: 14.52 KN/m³

GEOTEC Laboratorios

Isaac A. Vidal Bermudez
 Isaac A. Vidal Bermudez
 Ingeniero Civil
 CIP. N° 100022
 ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA